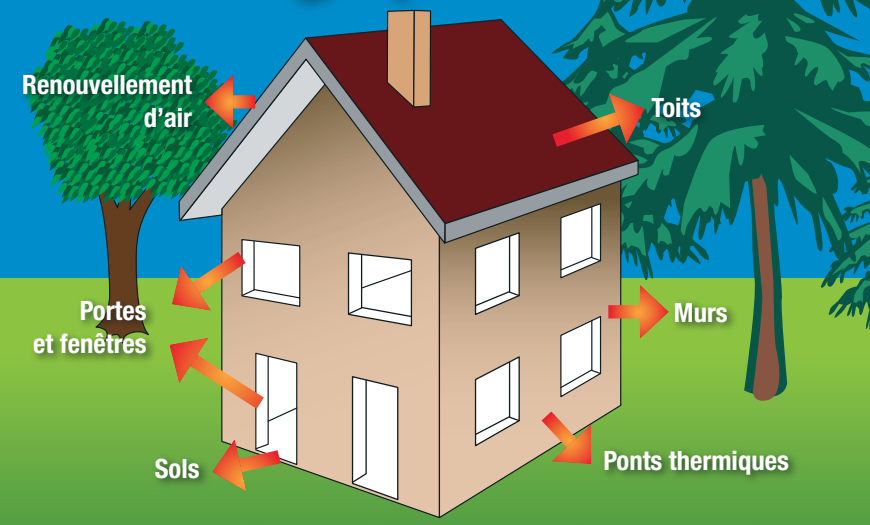
Paul de Haut

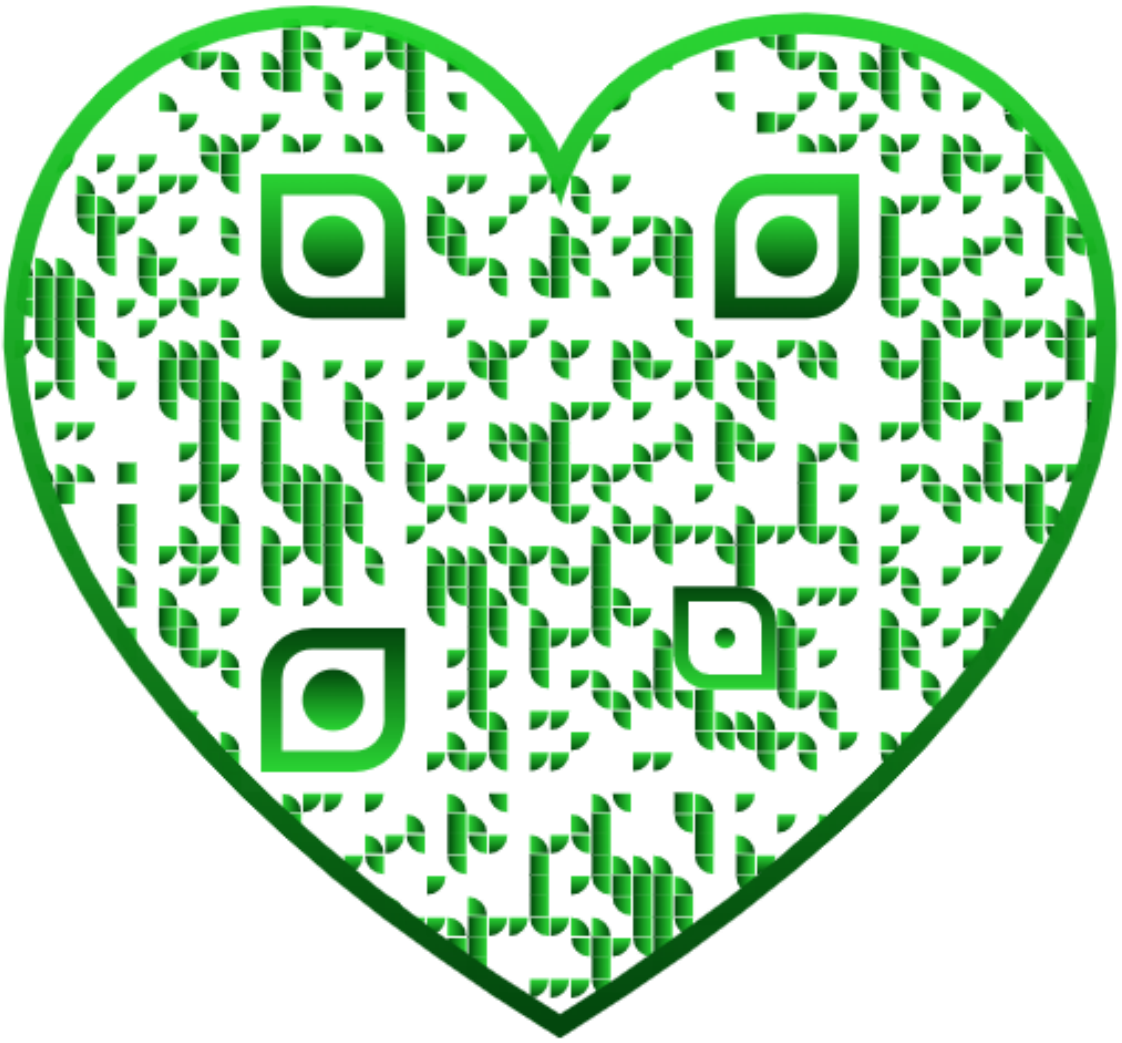
Chauffage, isolation et ventilation écologiques



Les clés pour économiser

EYROLLES

SHOUT
SHARE
IT



Chauffage, isolation et ventilation écologiques

Paul de Haut

EYROLLES

ÉDITIONS EYROLLES
61, bld Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Le code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée notamment dans les établissements d'enseignement, provoquant une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.
En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris.
© Groupe Eyrolles, 2007, ISBN 978-2-212-12105-6

Remerciements

Le présent ouvrage est le résultat de nombreuses recherches et expérimentations qu'un seul homme n'a pu mener tout seul.

Je tiens donc à rendre hommage à toutes les personnes qui m'ont soutenu ainsi que ceux et celles qui ont mis à ma disposition leurs réalisations et leurs témoignages sur les points abordés dans ce livre.

En premier lieu : Carla, qui assure pour moi avec patience et méthode une revue de presse écologique depuis plusieurs années…

Merci encore à : Anne Garcia, Louis Tardivat, Myriam et Joël Payet, Bernard Prieur, Benoît Tendero, Olivier Duport, Alexandre Holsenberger… Ainsi qu'aux entreprises développant des produits présentés ici, qui ont pris le temps de répondre, souvent avec passion et bien au-delà de leur intérêt commercial, à mes questions.

Merci aussi à tous les passionnés qui ont alimenté le site « Écologie-Appliquée » de leurs expériences et de leurs réflexions ; grâce à eux, Internet reste un moyen privilégié de partage des connaissances. Que cette nouvelle « Bibliothèque d'Alexandrie », consultable en temps réel et sans avoir à bouger de chez soi… continue à être le forum communautaire de ceux « qui ont une souris pour donner, et pas seulement pour prendre », et non simplement la plus grande galerie commerciale du monde !

Enfin, je tiens à dédier cet ouvrage à tous ces anonymes, que leur curiosité intellectuelle et leur envie que la Terre tourne mieux ont

poussé à expérimenter des idées « sortant des sentiers battus » et dont demain nous profiterons tous…

Aller plus loin

Tout va très vite dans le domaine de l'isolation et du chauffage : de nouveaux produits sont mis au point régulièrement ! Si vous souhaitez des informations complémentaires à cet ouvrage ou d'éventuelles mises à jours, vous pouvez vous rendre sur le site : www.ecologie-solutions.info.

Préface

Chaque habitant de cette planète a en commun le besoin essentiel de se préserver du froid comme du chaud. Si cet équilibre n'est pas respecté, cela peut lui coûter la vie !... et en attendant, cela nous coûte de plus en plus cher.

Depuis 1974, suite au premier grand « choc pétrolier » il est obligatoire d'isoler les maisons en construction. Depuis le 1er novembre 2006, un diagnostic thermique doit être fourni par le vendeur à tout acquéreur de logement, et cette obligation est étendue aux locations à partir du 1er juillet 2007. Mais au delà des textes de loi, c'est à la fois l'intérêt de chacun de réduire sa facture énergétique, en même temps que la responsabilité de tous de préserver à la fois les ressources naturelles et l'environnement que nous laisserons à nos enfants et aux générations futures. Or il est une équation incontournable : Peut-on parler de « chauffage » sans parler « d'isolation » et de « ventilation » ? Il suffit que l'un de ces 3 paramètres vienne à faiblir pour que le résultat de l'ensemble devienne peu performant, inconfortable ou insalubre… De plus, en ces domaines, il existe beaucoup d'idées reçues qui ne sont pas fondées. Il reste beaucoup à faire pour les maisons anciennes et pourtant, une maison bien isolée génère entre 33 % et 60 % d'économie d'énergie.

Cet ouvrage vous guidera pas à pas sur les sentiers des économies à réaliser, sur les solutions disponibles, et sur les nouveaux matériaux ou techniques écologiques que vous pouvez aujourd'hui mettre en œuvre.

« L'éconologie domestique », c'est avant tout du « gagnant/gagnant » : vous économisez de l'argent, et vous préservez la planète, tout en améliorant le confort et l'hygiène de votre espace de vie privatif ! Conjuguons tous ensemble la « chasse au gaspi » avec la « chasse aux polluants ».

Paul de Haut

Sommaire

Partie 1 • Bilan énergétique des bâtiments

Introduction 3
Quelques chiffres 3
Répartition des types de propriétaires 4
Référentiel de calcul des étiquettes Énergie et Climat 4

1 • La problématique de la consommation d'énergie dans les logements 7
Nouvelle réglementation thermique RT 2005 7
Des logements plus grands 8
Le chauffage 8
L'électricité spécifique 8
L'eau chaude sanitaire 8
Quelques chiffres 9
Améliorations possibles 9
Le solaire actif 10

2 • Diagnostic de la performance énergétique (DPE) 13
Une obligation légale 13
Objectif 14

Classification énergétique des bâtiments 14
Classification du bâtiment selon le niveau d'émission annuelle de gaz à effet de serre 15
Simulateur de performance énergétique 15
Déroulement de l'expertise 16

Partie 2 • L'isolation

3 • Les trois modes de transmission de la chaleur 21
La conduction 21
La convection 22
Le rayonnement 22

4 • À chaque endroit son isolant 25
Isoler les combles 25
Isolation sur charpente 28
Isolation des murs extérieurs 29
Isolation des canalisations 30

5 • Les isolants 31
État des lieux 31
Une isolation écologique 34
Les isolants végétaux 34
Les isolants minéraux 56
Les isolants mixtes (minéraux et végétaux) 60

6 • Comparer les isolants 65
Unités de mesure 65

7 • Protection contre la canicule 69
Isolation des combles perdus 69
Isolation des combles habités 70
Laine de verre ou laine de roche ? 71
Isolation par l'extérieur 72

8 • Les toits végétaux 75
Des avantages indéniables 76
Les toitures végétales de type « extensif » 77
Toitures végétales de type « intensif » et « semi-intensif » 78
La mise en œuvre 79
Le tapis végétal 79
Entretien 82
Conseils 82
Prix 83
Où s'adresser 83

Partie 3 • La ventilation

9 • La maîtrise de l'humidité 87
Le confort 87
La santé 88
Les ponts thermiques 88
Dommages extérieurs 89
Moisissures 89

10 • Les moyens de ventilation 91
Quelques chiffres 91
Définitions 91
Les fenêtres 92
La ventilation naturelle 92
Renouveler l'air 92
Les VMC 93
Améliorations possibles 97
Des alliés de poids : la véranda, le puits canadien, le toit... 98
Les entrées d'air hygroréglables 99
Conseils 100
Entretien 100
Réglementation 101
VMC hygrorégulée 102

11 • Les menuiseries 103
La partie vitrage 103
La condensation 104
La partie châssis 105
Quelques réflexions 105
Importance de l'orientation 106
Émissivité 107
Unités de mesure utilisées 108
Choix des fenêtres 109
Types de vitrages 109
L'étanchéité Air/Eau/Vent 110
Autres menuiseries extérieures 110

Partie 4 • Le chauffage

12 • Le chauffage au bois 117
Le bois, un carburant d'avenir ! 117
Tubage inox 117
Ramonage 118
Production de plaquettes de bois de chauffage 120
Chauffage automatique au bois 120
La réglementation en vigueur 121
Un carburant au prix compétitif 121
Les poêles à bois 123
Les inserts et foyers fermés 124
Les chaudières à bois 127
Les autres chaudières écologiques 128

13 • Les pompes à chaleur 131
Principe 132
Fonctionnement 133
Le compresseur « scroll » 134
Récupération de la chaleur dans le sol 134
Pompe à chaleur air/air 135
Pompe à chaleur eau/eau 139
Système centralisé à air 140
Des solutions économiques 141
Coût 141
Les planchers chauffants 142
Avantages 142

14 • Le chauffage solaire 143
Principe et fonctionnement 143
Installation 145
Le plancher solaire direct (PSD) 148

15 • Les chauffe-eau 153
Comparatif des appareils de production d'eau chaude 154
Le chauffe-eau solaire 155

16 • Adapter son système de chauffage à son installation existante 165
Alimenter un radiateur avec un poêle 165
Récupérateurs dans une cheminée ouverte 166
Vos combles, une pompe à chaleur naturelle 167
Véranda chauffante 168
Poêle à inertie 168
La cuisinière chinoise 169
Conseils basiques 170

Annexe • Texte de référence du ministère de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement

Partie 1

Bilan énergétique des bâtiments

Introduction

En Europe, le secteur « bâtiment » consomme plus du tiers de l'énergie globale.

De ce fait, les logements représentent le plus grand gisement d'économies d'énergie. Ainsi, l'amélioration de la performance énergétique est une priorité caractérisée par une directive du Parlement européen.

Quelques chiffres

Le secteur du bâtiment représente 47 % de la consommation d'énergie en France !

À titre de comparaison, c'est 28 % pour l'industrie et l'agriculture, 25 % pour les transports.

Répartition par secteur

- 2/3 dans l'habitat ;
- 1/3 dans le tertiaire public et privé.

Malgré une amélioration de la performance énergétique moyenne des logements (372 kWh/m^2.an en 1973 et 245 kWh/m^2.an en 2003), la consommation finale a progressé en volume de 24 % entre 1973 et 2004 :

- construction de 300 à 400 000 logements neufs par an et de 8 à 16 millions de m^2 de tertiaire (100 à 200 000 équivalents logements) ;

- inertie statistique représentée par un parc existant d'environ 40 millions de logements et d'équivalents logements.

Répartition des types de propriétaires

Les propriétaires peuvent être répartis comme suit :

- Personnes physiques en maisons individuelles : 13 millions de logements environ (et plus de 2 millions de résidences secondaires et de logements vacants).
- Personnes physiques en copropriété d'habitat d'immeuble collectif : 6 millions de logements environ (auxquels il convient d'ajouter plus d'un million d'appartements ou de résidences secondaires et de logements vacants !).
- Institutionnels d'immeubles collectifs d'habitation et de maisons individuelles groupées (essentiellement organismes d'habitat social et SEM) : environ 4 millions de logements.
- Propriétaires publics d'immeubles tertiaires : environ 5 millions d'équivalents logements.
- Propriétaires privés d'immeubles tertiaires et de commerces : environ 5 millions d'équivalents logements.

Référentiel de calcul des étiquettes Énergie et Climat

L'association « Effinergie » s'est fixée comme objectif de définir un référentiel afin de pouvoir mettre en place une certification en 2007.

Ainsi, la France aura son label pour promouvoir les bâtiments basse énergie, sur le modèle des démarches « Minergie » en Suisse et « Passivhaus » en Autriche.

En savoir plus

Parmi les membres fondateurs de cette association se trouvent :

- des professionnels du bâtiment (CSTB),
- des associations régionales de promotion de la maîtrise de l'énergie (AJENA, RAEE),
- des régions (Franche-Comté, Alsace et Languedoc-Roussillon).

1

La problématique de la consommation d'énergie dans les logements

En France, la performance énergétique moyenne dépasse 200 kWh/m^2.an, avec de fortes variations suivant le type de logement (appartement, maison individuelle, HLM), la date de la construction et la zone climatique.

Les logements récents construits suivant les règles en vigueur (absence de ponts thermiques, ventilation maîtrisée, équipements performants...) consomment beaucoup moins que la moyenne du parc, qui est essentiellement ancien.

Nouvelle réglementation thermique RT 2005

Elle fixe la consommation de chauffage des logements neufs à 85 kWh/m^2.an, mais il existe de très fortes variations dans la performance énergétique des logements « anciens » par rapport

aux logements « actuels ». Cependant, malgré le renforcement de l'isolation thermique et l'efficacité des équipements de chauffage, la consommation d'énergie globale ne cesse d'augmenter.

Des logements plus grands

Les raisons principales de l'augmentation de la consommation d'énergie sont l'augmentation de la surface des logements par rapport au nombre d'occupants et une amélioration générale du confort.

Le chauffage

Il représente 87 % de la consommation d'énergie globale dans les logements anciens et seulement 30 % dans les logements les plus performants.

De fortes améliorations sont donc possibles dans l'ancien : en effet, la consommation d'énergie pour le chauffage d'un logement ancien est facilement divisible par deux grâce à l'isolation thermique, l'utilisation de menuiseries et de vitrages performants, ainsi que l'installation d'équipements de chauffage modernes.

L'électricité spécifique

La consommation a tendance à augmenter dans tous les logements en raison de l'accroissement du nombre des équipements ménagers et de loisir.

L'eau chaude sanitaire

La consommation d'énergie pour produire de l'eau chaude est en légère augmentation, car le niveau de confort recherché dans les logements actuels est supérieur aux conditions du passé.

Dans les logements anciens, ce poste ne représente que 6 % de la consommation d'énergie globale, mais, avec la réduction des besoins de chauffage, il représente près de 30 % de la consommation d'énergie dans un logement moderne.

Quelques chiffres

(Source : observatoire de l'Énergie)

En 1998, la consommation énergétique moyenne par poste se répartissait ainsi :

- chauffage 68 % ;
- eau chaude sanitaire 15 % ;
- cuisson 5 % ;
- électricité spécifique 12 %.

En 2001, la consommation finale d'énergie du résidentiel tertiaire par source énergétique se répartissait ainsi :

- combustibles fossiles 55 % ;
- électricité 32 % ;
- Renouvelables 13 %.

Améliorations possibles

L'application des normes de construction en vigueur (RT 2005) peut réduire la consommation d'énergie de moitié par rapport aux logements anciens.

Au niveau du chauffage, appliquant les règles simples de la conception architecturale bioclimatique :

- orientation vers le soleil, avec des ouvertures conçues pour faciliter le captage solaire passif en hiver et la protection solaire en été ;
- utilisation de matériaux adaptés au stockage et à la restitution de la chaleur suivant les besoins...

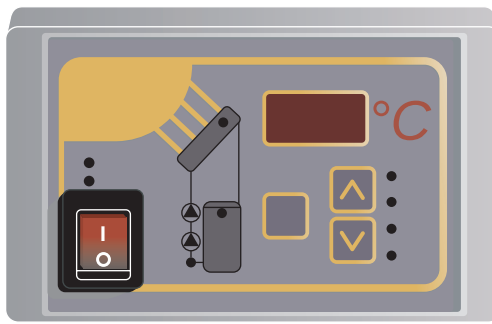
Le solaire actif

Chacun peut devenir producteur :

- **de son eau chaude sanitaire**

  La consommation d'énergie moyenne liée à la production d'eau chaude est égale à 855 kWh/personne.an, soit 25 kWh/m^2.an (moyenne pour la France ramenée au m^2 habitable).

  Un chauffe-eau solaire individuel ou collectif peut fournir de 50 à 90 % de ces besoins. L'économie moyenne est de 15 kWh/m^2.an.



Boîtier console solaire

- **de son chauffage**

  Avec des besoins en chauffage plus restreints (grâce à la conception bioclimatique), un système de chauffage solaire actif (par plancher chauffant ou autre technique à basse température) et un peu de bois pour l'appoint, on peut pratiquement devenir autonome.

- **de son électricité spécifique**

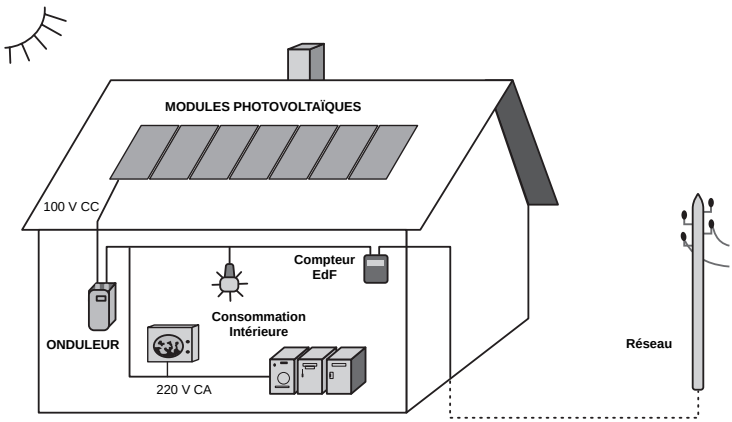


Schéma photovoltaïque

L'intégration d'un système photovoltaïque intégré ou à l'extérieur du logement peut compenser au moins partiellement la consommation d'électricité spécifique.

Pour aller plus loin

Vous pouvez vous reporter à l'ouvrage de Paul de Haut, *25 moyens d'économiser son argent et son environnement*, paru aux Éditions Eyrolles.

2

Diagnostic de la performance énergétique (DPE)

Une obligation légale

Issu d'une directive européenne, le diagnostic de la performance énergétique définit l'aptitude à limiter la consommation d'énergie sans altérer le confort.

Depuis le 1er novembre 2006, un diagnostic de performance énergétique doit être établi lors de la vente d'un logement existant, avec la promesse de vente, au même titre que les diagnostics amiante, plomb et termites.

Ce diagnostic de performance énergétique doit être annexé à toute vente immobilière, et, à compter du 1er juillet 2007, à tout contrat de location.

Lorsque vous achetez ou louez un logement, le vendeur ou le bailleur doit vous informer des performances énergétiques du local, afin de vous donner une idée du montant des charges. Il doit donc vous remettre un « certificat de performance énergétique », établi à la suite du diagnostic.

Ainsi, chaque acquéreur de logement (ou éventuellement candidat locataire) peut maintenant savoir si son logement est un logement aux performances médiocres ou correctes, et ce qu'il peut faire concrètement pour améliorer ces performances.

Objectif

Contribuer aux économies d'énergie et réduire les émissions de gaz à effet de serre.

L'intérêt de ce diagnostic est de :

- permettre à l'occupant de vérifier que le comportement de son logement est adapté (comparaison de la consommation réelle avec la consommation de référence) ;
- sensibiliser les vendeurs ou bailleurs aux économies d'énergie pour améliorer les performances d'un logement, ce qui permet de le valoriser à la vente ou à la location.

Ainsi, le diagnostic de la performance énergétique est un bon outil de modification des comportements et d'amélioration des performances intrinsèques des logements.

Classification énergétique des bâtiments

Elle est établie selon le niveau de consommation annuelle d'énergie par m^2 (en kWh/m^2.an).

Comme pour l'électroménager, sept classes sont définies, allant de la classe A à la classe G :

- la classe A : logement économe, avec une consommation annuelle d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement inférieure à 51 kWh/m^2.an ;
- la classe G : logement énergivore, avec une consommation égale ou supérieure à 450 kWh/m^2.an.

Exemple

Si la consommation globale pour le chauffage, la cuisson, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les équipements électriques est de 12 000 kWh/an dans un logement de 100 m^2, on dit que la performance énergétique du logement est de 120 kWh/m^2.an (12 000/100).

Cet indicateur doit être complété par une décomposition entre énergies renouvelables et énergies fossiles, ainsi que par une estimation du coût en € incluant les abonnements et la contribution au réchauffement climatique en kg.équivalent CO_2 par m^2/an.

Classification du bâtiment selon le niveau d'émission annuelle de gaz à effet de serre

(par m^2 lié à la consommation d'énergie (en kg CO_2/m^2.an)

Cette classification va de la classe A à la classe G :

- la classe A : faibles émissions de gaz à effet de serre, avec 5 kg équivalent de CO_2/m^2/an,
- la classe G : fortes émissions de gaz à effet de serre, avec 80 kg équivalent de CO_2/m^2/an.

Simulateur de performance énergétique

Il existe un simulateur DPE permettant de faire soi-même le relevé des informations nécessaires au diagnostic de performance énergétique de son logement.

Ce travail prépare la visite du diagnostiqueur et permet de lancer un appel d'offres gratuit auprès des nombreux diagnostiqueurs de son secteur géographique.

L'arrêté du 16 octobre 2006 définit les critères de certification des compétences des personnes physiques réalisant le diagnostic de performance énergétique et les critères d'accréditation des organismes de certification.

Ce diagnostic doit être établi par une personne qui devra satisfaire à des critères de compétences et être couverte par une assurance pour les conséquences de sa responsabilité professionnelle. Il lui est également fait obligation d'être indépendante et impartiale vis-à-vis de la personne qui fait appel à elle, ainsi que des entreprises susceptibles de réaliser les travaux.

Cet arrêté concerne tous les bâtiments ou parties de bâtiments clos et couverts, à l'exception des constructions provisoires, des bâtiments indépendants de moins de 50 m^2, des bâtiments à usage agricole, artisanal ou industriel, des bâtiments servant de lieux de culte ainsi que des monuments historiques.

Les parties communes d'immeuble ne sont pas concernées.

Ce document n'a qu'une valeur informative ; l'acquéreur ou le locataire ne pourront se prévaloir des informations contenues dans le diagnostic à l'encontre du propriétaire.

Déroulement de l'expertise

Un expert agréé se déplace chez vous pour effectuer un diagnostic du bâtiment que vous vendez.

Le rapport établit la quantité d'énergie effectivement consommée ou estimée pour une utilisation standardisée du bien ; cela détermine une classification afin que l'acquéreur et le locataire puissent comparer et évaluer la performance énergétique.

Le diagnostic doit être accompagné de recommandations destinées à améliorer cette performance énergétique.

En cas de travaux ou de remplacement d'équipements, ce diagnostic permet d'optimiser les interventions pour maîtriser la consommation énergétique et contribue ainsi simultanément à réduire les charges pour les occupants et à limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Prix : environ 150 € (variable selon la surface à expertiser).

Validité du diagnostic : 10 ans.

(voir en annexe le texte de la réglementation)

Partie 2

L'isolation

Une bonne isolation est le meilleur moyen statique de faire de substantielles économies d'énergie tout en maintenant un bon niveau de confort et une protection efficace contre le bruit.

La première réglementation thermique date de 1974 et rend obligatoires les isolations en ce domaine. Les réglementations successives (1978, 1982, 1988 et 2001) ont permis de réduire considérablement les dépenses énergétiques des logements.

3

Les trois modes de transmission de la chaleur

La chaleur se transfère de façon différente selon le type de chauffage utilisé, qui peut faire appel à plusieurs modes de transmission.

La conduction

Transmission de température selon la loi de Fournier, entre deux régions d'un même milieu ou entre deux milieux en contact, sans déplacement de matière. C'est l'agitation thermique qui se transmet de proche en proche, comme une onde ; une molécule ou un atome, cède une partie de son énergie cinétique à son voisin, et la vibration de l'atome se ralentit au profit de la vibration du voisin.

(C'est ainsi que la poignée de la casserole en aluminium devient presque aussi chaude que le fond).

La convection

La chaleur est transportée, ou conduite, par un fluide de type liquide ou gazeux. Le chauffage par radiateur ou par le sol relève de ce principe. La couche d'air en contact avec la source de chaleur, du fait de la dilatation thermique, devient plus légère (relativement) et engendre une circulation d'air dans la maison.

Il existe des systèmes de convection naturelle ou forcée.

Le rayonnement

La chaleur est irradiée par un transfert d'énergie sous forme d'ondes ou de particules, qui peut se produire de façon électromagnétique (infrarouge) ou par désintégration (radioactivité). Le meilleur exemple de rayonnement est celui du soleil dans l'espace et notamment vers la Terre.

Les nouveaux isolants

Le coût grandissant du chauffage nous pousse à trouver les meilleures conditions d'isolation. Ce souci existe depuis longtemps, mais on mettait souvent en œuvre des isolants synthétiques. Les plus utilisés étaient jusqu'à présent :

- le polystyrène et la mousse de polyuréthane (isolant alvéolaire, composé de fines cellules emmagasinant un gaz à faible conductivité thermique), tous deux dérivés de la chimie du pétrole et produisant un cocktail de gaz hautement toxiques lors de leur combustion ;
- la laine de verre et la laine de roche, qui demandent une grande quantité d'énergie pour leur production et sont très irritants.

Aujourd'hui, toute une gamme de produits et de matériaux d'isolation issus de matières naturelles (reproductibles) existent

et présentent une bonne capacité intrinsèque d'accumulation thermique, tout en préservant une aération naturelle indispensable.

On les trouve de plus en plus dans tous les magasins de bricolage.

Quelques questions :

Quels sont les différents moyens de s'isoler ?

Tous les isolants proposés sur le marché se valent-ils ?

Sont-ils adaptés à tous les cas ?

Sont-ils non polluants à la fabrication ou en déchets ?

Ce sont là les questions auxquelles nous allons essayer de répondre tout au long de cette partie.

4

À chaque endroit son isolant

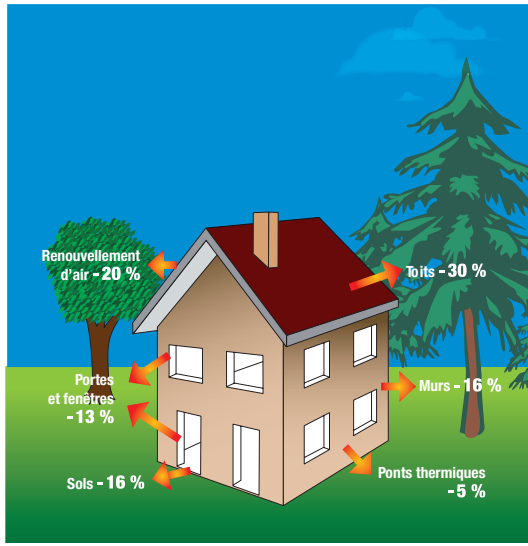
Un isolant peut se présenter sous forme de vrac, de rouleaux, de panneaux, de billes ou de matériaux solides maçonnables ; il peut être étendu à la main, injecté à l'aide d'un tuyau souple, ou pulvérisé sur des surfaces horizontales ou verticales en y ajoutant une molécule adhésive.

Les isolants étendus à la main ont plus tendance à se tasser que ceux injectés à plus forte densité.

Isoler les combles

L'isolation des combles est le point de départ de votre maison. En effet, les toits représentent les zones les plus importantes en termes de déperdition de chaleur (l'air chaud, plus léger que l'air froid, monte et reste sous les toits). Conserver la chaleur sera donc le point de départ d'une réelle économie.

Un nouveau système de photo thermique mis en place dans certaines régions permet de visualiser les pertes thermiques dues aux défauts d'isolation de la toiture des habitations.



Les pertes thermiques de la maison

Les moyennes de déperdition constatées font ressortir que 25 % des fuites thermiques d'une maison individuelle passent par le toit !

Un moyen simple de se rendre compte de ces déperditions est de surveiller son toit après des chutes de neige : les parties qui laissent fondre la neige le plus vite sont celles qui sont mal isolées ou qui présentent des fuites thermiques.

Les combles accessibles

Il faut distinguer les combles accessibles des combles utilisées !

Les combles accessibles ont une hauteur sous toit permettant d'y pénétrer et d'y circuler (par une trappe le plus souvent) et peuvent servir de grenier.

L'isolation y est généralement mise en place au-dessus du plafond du dernier étage utilisé (vrac, laines minérales en rouleaux ou en panneaux).

La encore, il faut distinguer les combles avec plancher (les solives sont recouvertes d'un revêtement solide) – il y a un vide entre le plafond de l'étage inférieur et ce plancher – des combles sur solives (il faut marcher sur ces dernières, au risque de détériorer le plafond de la pièce inférieure !), représentant des compartiments que l'on peut remplir facilement par des isolants en vrac.

Les combles utilisées ou aménagées

Elles sont considérées comme des pièces à vivre sous les toits, même si la hauteur n'est ni importante ni régulière. Elles sont souvent munies d'un dispositif de chauffage. À ce titre, elles doivent être isolées correctement et cette isolation est mise en place sous la charpente.

Une isolation avec parement est la solution adaptée à cette situation.

Une isolation avec parement est une isolation intégrée à un support (type panneau) tel que plaque de plâtre, carton rigide, etc. Ce support participe à son maintien et à sa fixation.

L'isolant en vrac est particulièrement utile pour recouvrir les plafonds plats dans les combles. Remplissant bien les espaces irréguliers, il permet de créer une couverture uniforme contre les pertes de chaleur. Avec le temps, l'isolant a tendance à se tasser légèrement mais la valeur isolante inscrite sur le sac correspond à sa valeur après le tassement normal.

On peut utiliser aussi des cartons hydrofuges ou des panneaux de polystyrène ou de mousse de polyuréthane pour maintenir l'isolant près des murs extérieurs et ne pas empêcher la ventilation naturelle. Cette ventilation est nécessaire pour rafraîchir les combles en été et éviter la condensation pendant l'hiver. Il est toujours recommandé d'installer des trappes d'accès dans les

combles pour pouvoir vérifier l'état de l'isolant. Ces trappes doivent logiquement être bien isolées et étanches à l'air pour ne pas représenter des surfaces de fuites caloriques.

Les combles inaccessibles

Dans le cas de combles inaccessibles, deux situations sont à envisager : les combles avec plancher et les combles avec solives.

Dans le cas de combles avec plancher

On peut poser dessus :

- des rouleaux de fibres minérales ;
- des panneaux isolants en polystyrène ou polyuréthane ;
- de la laine de verre en vrac.

Dans les combles avec solives

On peut pulvériser l'isolant :

- sous forme de billes, par exemple ;
- sous forme pâteuse, entre les solives du plafond.

On peut aussi remplir entièrement les combles d'isolant. Dans ce cas, il doit être pulvérisé à très forte densité afin de former une barrière pare-air efficace qui empêche les fuites d'air humide de condenser. Cette technique est appropriée aux toits plats non ventilés et aux maisons avec des toits en combles peu inclinées.

Isolation sur charpente

À la différence de « l'isolation sous charpente », qui prend appui sur celle-ci, la recouvrant d'une épaisseur d'isolant non négligeable, ou de « l'isolation entre charpente », délicate à mettre en place correctement et créant de nombreuses ruptures thermiques, « l'isolation sur charpente » est posée au-dessus.

De nouveaux produits sont proposés aux professionnels ; ils sont constitués de caissons chevronnés intégrant de la laine de roche volcanique ; ils peuvent être utilisés autant pour les constructions neuves que pour la rénovation de toitures (dans ce cas il faut la découvrir totalement).

Ce système, incombustible, présente aussi l'énorme avantage de faire gagner un temps précieux à l'ensemble du chantier et de mettre en valeur les charpentes bois tout en conservant le volume habitable des combles...

Dernier avantage, contrairement à l'isolation entre les éléments de charpente, sa couverture homogène du toit permet une excellente isolation aux bruits aériens.

Isolation des murs extérieurs

On peut aussi remplir les murs extérieurs (double paroi ou creux) avec un isolant de cellulose.

Après avoir enlevé le fini intérieur de plâtre, on installe un filet sur les colombages qui retiendra l'isolant.

L'isolant est ensuite projeté dans les murs avec une bonne densité, afin d'éviter qu'il se compacte trop vite et d'obtenir une barrière pare-air suffisante contre les fuites et les infiltrations d'air.

Erreurs à éviter

La partie des murs extérieurs sous le niveau du sol ne doit pas être isolée selon cette méthode, afin d'éviter l'absorption de l'humidité et le développement de moisissures.

Les faux-planchers en bois posés sur la dalle de béton d'un sous-sol sont également dangereux, car la moindre infiltration d'eau sera absorbée par l'isolant et se transformera immanquablement en pourriture ou en moisissure.

.../...

…/…

Un matériau isolant n'est efficace que s'il est posé sans joint (trous ou ponts thermiques), de sorte à être étanche à l'air et au vent, et peu perméable à l'air.

Isolation des canalisations

Les tuyauteries d'eau chaude doivent être isolées pour éviter au maximum les déperditions thermiques et les tuyauteries d'eau froide pour éviter le gel.

Pour les tuyaux de faible diamètre (10 à 30 mm) il existe des gaines cylindriques en fibres végétales (type coco par exemple) qui se découpent facilement et peuvent se poser sur les canalisations en place.

Les robinets et autres accessoires peuvent être emmaillotés dans de la laine de verre maintenue par des liens ou tresses végétales.

Les regards extérieurs abritant des vannes (voire le compteur de chantier) doivent être isolés aussi s'ils ne sont pas suffisamment enterrés.

5

Les isolants

État des lieux

Produits utilisés couramment dans le bâtiment

- bandes de relevés en polystyrène expansé, destinées à désolidariser les chapes et dalles flottantes des ouvrages verticaux ;
- complexe d'isolation thermique et acoustique constitué d'une plaque de parement en plâtre et d'un isolant en polystyrène expansé ; complexe de doublage thermique et acoustique constitué d'une plaque de plâtre cartonné et d'un isolant en laine de roche ; coquilles en polystyrène expansé pour l'habillage de gaines ;
- dalles isolantes de plafonds en polystyrène expansé moulé ;
- éléments de cloisons composés de 2 plaques de parement en plâtre cartonné ;
- entrevous en polystyrène expansé ; hourdis en polystyrène expansé ; billes de polystyrène expansé ou mortier allégé composé de billes de polystyrène expansé et de ciment ;
- panneaux composés de billes de polystyrène expansé agglomérées au bitume ;

- panneaux de polystyrène expansé et panneaux de polystyrène expansé parementé ; panneaux en polystyrène expansé avec rainures sur les 2 faces ;
- panneaux en polystyrène extrudé ;
- système de plafonds acoustiques constitué de plaques de plâtre perforées ou rainurées ;
- mousse polyuréthane isolante en bombe ;
- bourrelet constitué de fibre de roche avec gainage en verre texturisé ;
- panneaux fibragglo pour le bâtiment colorés ou bruts ;
- panneaux fibragglo composites avec isolation polystyrène, laine de roche ou polyuréthane ;
- panneaux en fibragglo pour plafond avec ou sans chauffage électrique rayonnant intégré ; blocs coffrants isolants (parement en fibragglo) en aggloméré de ciment ou en brique ;
- modules coffrants isolants pour plancher en béton (sous-face en fibragglo) ; entrevous isolants en polystyrène (sous-face en fibragglo) ;
- panneaux sandwich, en polystyrène expansé, pour l'isolation de bacs acier, en sous-toiture de charpente métallique ; complexe d'isolation thermique composé d'une plaque de parement en plâtre et d'un isolant en polystyrène extrudé ; complexe d'isolation thermique constitué d'une plaque de plâtre et d'un isolant en mousse rigide de polyuréthane ;
- complexe d'isolation thermique constitué d'une plaque de plâtre et d'un isolant en polystyrène expansé ;
- complexe d'isolation thermique constitué de 2 plaques de plâtre et d'isolant en polystyrène expansé au centre ;
- complexe d'isolation thermique constitué de 2 plaques de plâtre et de laine de roche au centre ;

- complexe d'isolation thermique constitué de plaque de plâtre cartonnée (BA13) et d'un isolant en polystyrène extrudé.

Aller plus loin

Vous pouvez retrouver toutes les références et informations sur ces produits sur le site www.batipass.com

(Les « fibragglos » sont des panneaux fabriqués à partir de fibres de bois résineux minéralisées enrobées de ciment, de plâtre, ou même de magnésite. Ils s'utilisent le plus souvent comme panneaux techniques complémentaires d'isolation.)

Mais la plupart de ces isolants sont, tout ou partie, issus de la pétrochimie, non écologiques, dangereux pour la santé, et produisent des fumées mortelles en cas d'incendie.

Par ailleurs, le polyuréthane est d'un coût très important.

Il existe maintenant des produits naturels et écologiques pour les remplacer.

Il y a lieu de distinguer les isolants végétaux et animaux, des isolants minéraux !

Importance de la pose

La qualité de la pose est primordiale.

L'institut de physique du bâtiment de Stuttgart a mis en évidence qu'une fuite d'1 mm sur 1 mètre entre deux isolants ou entre l'isolant et le chevron divise par 5 sa résistance thermique réelle !

Les mesures et comparaisons des qualités des matériaux indiqués ne tiennent pas compte des fuites éventuelles.

Une isolation écologique

Les isolants, de par leur effet réducteur de la consommation d'énergie, participent par définition à la préservation de l'environnement et des ressources naturelles.

Mais pour être vraiment écologiques, ils doivent en plus avoir un impact environnemental le plus faible possible au cours des phases successives de production, de mise en œuvre, d'utilisation et de recyclage :

- extraction et transport primaire ;
- fabrication, transport vers le distributeur, puis vers le client ;
- mise en œuvre ;
- utilisation (impact sur la santé et l'environnement) ;
- durée de vie ;
- recyclage en fin d'utilisation.

Là encore, il ne s'agit pas d'être intégriste, mais il existe à cet égard des solutions plus respectueuses de la planète que les autres.

Les isolants végétaux

La fibre cellulosique (papier recyclé)

Bien moins chère que la fibre de verre, et issue du recyclage, elle présente de très nombreux avantages.

Cellulose humide

Depuis quelques années, on utilise aussi la fibre cellulosique stabilisée à l'eau ou à la colle.

Contrairement aux isolants en vrac, la cellulose stabilisée est projetée humide sur le pare-vapeur et crée en séchant une croûte rigide augmentant ses qualités de pare-air.

Cette caractéristique est importante car il n'est pas toujours possible de sceller convenablement le pare-vapeur sous le toit lors d'une rénovation.

Cette technique est à conseiller surtout pour les combles accessibles et bien ventilées afin que l'isolant ne cause pas d'humidité excessive.

Par temps plus froid, on remplace l'eau par de la colle pour réduire ce phénomène.

Les avantages

Si le toit à isoler n'est pas muni d'un bon pare-vapeur avec joints scellés au ruban, l'air de la maison a tendance à s'échapper par les joints entre les cloisons et les plafonds, ainsi que par les sorties des plafonniers.

Cet air, chargé de la chaleur et de l'humidité de la maison, crée des problèmes de condensation sous le toit.

La fibre cellulosique injectée sous pression forme une bonne barrière contre les exfiltrations d'air.

De plus, les composés boriques qui entrent dans la composition de certains produits (Beno-Therm) en font un isolant unique qui aide à prévenir l'intrusion de parasites, de vermines et de petits rongeurs.

Enfin, la fibre cellulosique se manipule sans danger et n'a pas d'incidence sur la qualité de l'air intérieur.

Fabrication

Les matériaux isolants à base de cellulose sont généralement fabriqués à partir de journaux recyclés.

Le papier est moulu, puis mélangé à du sel de bore pour le rendre ignifuge et résistant aux insectes.

Parfois, on y ajoute des papiers neufs d'imprimerie ou de coupes de bois.

La cellulose se présente soit sous forme de flocons en vrac, soit sous forme de panneaux isolants semi-rigides.

La cellulose est également mélangée avec de la gypse naturelle (ou pierre à plâtre) pour former des panneaux d'agencement pour sols ou cloisonnements.

La ouate de cellulose

La fibre de cellulose est un produit 100 % naturel, qui ne pollue pas, et qui n'est ni irritant ni toxique.

Elle permet d'économiser au moins 25 % d'énergie par rapport à la laine de verre.

Une très bonne isolation

Une maison isolée avec de la ouate de cellulose est, en hiver, plus chaude de 4 °C après une période de 9 h sans chauffage et possède en été une capacité thermique 8 fois supérieure, évitant ainsi les surchauffes estivales.

Elle respire, absorbe, protège des bruits et retarde les incendies.

On l'utilise pour l'isolation des murs et des entre-toits.

Elle recouvre 100 % de l'espace disponible dans le mur en épousant parfaitement les éléments de la structure.

Cet isolant continu, sans joint, assure une parfaite isolation et une grande étanchéité tout en présentant une excellente insonorisation.

De plus, grâce à sa structure floconneuse, la ouate de cellulose est plus étanche à l'air qu'un matériau isolant en fibres.

Fiche technique comparée pour la ouate de cellulose

Perméabilité à l'air en m^3 (m^2h) à 50 Pa :

- Ouate de cellulose : 4
- Matériaux en fibre minérale : 13 - 150

Capacité thermique spécifique en kJ (kg.K) :

- Ouate de cellulose : 1,9
- Isolant de lin : 1,8
- Fibre minérale : 0,8 – 1

Déplacement de phase :

- Pour la ouate de cellulose : h = 11 heures
- Pour une fibre minérale : h = 7 heures

Résistance au feu

Classement B2 (normalement inflammable).

En cas de feu, le matériau ouate de cellulose ignifugé réagit de manière analogue au bois.

Une grosse couche de charbon de bois se forme lorsque la surface est enflammée.

Le charbon de bois ayant une conductivité thermique plus faible, il protège la cellulose sous-jacente à l'échauffement.

La forte capacité d'accumulation thermique de la cellulose favorise la protection incendie.

Deux autres facteurs sont importants en cas d'incendie : la ouate de cellulose ne se liquéfie pas et l'émission de gaz toxiques et de fumées reste très faible.

Un bon isolant phonique

La ouate de cellulose est aussi employée pour l'isolation phonique des cloisons intérieures légères et des plafonds.

Les ondes des sons aériens sont freinées par la texture élastique et fibreuse de l'isolant et transformées en force de frottement.

En physique de construction, le paramètre de résistance aux ondes par rapport à la longueur indique la propriété d'absorption de sons aériens des matériaux.

Pour la ouate de cellulose, il est compris entre 5 et 10 kN.s/m.

Application

La mise en œuvre se fait le plus souvent à l'aide d'une machine à souffler, ce qui est rapide, aisé, et garantit un résultat optimal même dans les combles difficilement accessibles.

Lors de l'isolation de murs, la cellulose est injectée sous pression afin de remplir les cavités des matériaux creux et de combler tous les vides. On la pressurise jusqu'à ce qu'elle atteigne la densité nécessaire à sa stabilité.

En pratiquant la pose en continu sur toute la surface, on élimine les ponts thermiques.

L'intervention est possible même dans les bâtiments occupés, et sans préparation particulière du support.

Prix

Moins de 15 €/m^2 en 27 cm d'épaisseur.

Où la trouver ?

Dans la plupart des surfaces de bricolage.

Conclusion

La cellulose est indéniablement le matériau qui présente actuellement le meilleur rapport isolation/écologie/innocuité/coût !

Le liège

Produit naturel aux caractéristiques remarquables, il provient de l'écorce (renouvelable) d'une espèce particulière de chêne vert (chêne-liège) qui pousse dans diverses régions du bassin méditerranéen (environ 50 % de la production mondiale).

La particularité du liège réside dans sa structure cellulaire très légère (son volume apparent est occupé par 95 % d'air). Il est constitué d'une importante densité de cellules (40 millions/cm^2), dont chacune se compose de cinq couches : deux en cellulose, deux autres plus épaisses, dures et imperméables, la dernière assurant à la structure sa rigidité.

Fabrication

Le prélèvement (ou démasclage) de l'écorce des chênes-lièges s'effectue tous les huit à dix ans et n'affecte en rien la vie de l'arbre.

Les cellules utilisées pour les dalles sont situées juste sous l'écorce.

Les écorces récoltées sont de forme irrégulière, et sont triturées, expansées à la vapeur d'eau sans agglutinants extérieurs, avant d'être comprimées en blocs et découpées en plaques agglomérées.

Au début, ces panneaux étaient réalisés avec des liants (silicate, colles organiques...). Les cellules récoltées étaient broyées et mélangées à des résines naturelles agglutinantes avant d'être comprimées en blocs. Ces blocs étaient alors placés dans des chambres de stabilisation pour perdre leur humidité excessive, puis découpés en dalles.

Aujourd'hui, on sait qu'en cuisant le liège à haute température (300 °C environ), il se dilate et s'agglomère avec sa propre résine, la subérine, sans autre adjonction de colle ou de liant.

Le liège expansé est de couleur marron foncé (couleur naturelle de cuisson).

Prix du liège expansé en panneaux

Épaisseur : 4 cm (isolation extérieure murs)

Prix TTC/m^2 : entre 8,5 et 15 €

Épaisseur : 6 cm (isolation intérieure toiture)

Prix TTC/m^2 : entre 13 et 18 €

Avantages

On lui attribue les avantages suivants :

- résistant à la compression, à la flexion, indéformable (liège aggloméré noir), et ne présentant que peu de retrait au vieillissement (les lièges bon marché peuvent avoir des retraits jusqu'à 15 %) ;
- hydrofuge, recommandé dans les pièces humides (salles d'eau...) ;
- confortable, souple et chaud, il est agréable au toucher ;
- résistant très bien au temps et aux hydrocarbures car imputrescible ;
- pas apprécié des rongeurs et des termites ;
- difficilement inflammable, de classe B1 (en cas de combustion, la production de fumée est réduite et ne dégage pas de chlorure ou de cyanure) ;
- bon isolant phonique (surtout pour les fréquences entre 500 et 1 000 Hertz, ce qui le fait recommander pour le sol en sous-plancher) ;
- bon isolant thermique, ne conduit pas la chaleur mais l'emmagasine dans l'air qu'il contient (coefficient de conductibilité thermique : 0,027 kcal/m^3 hc ;
- chimiquement neutre, il ne se désagrège pas, ni ne moisit ;
- insensible aux U.V ;

- hygiénique car antistatique (n'accumule pas d'électricité statique), il n'attire ni ne retient la poussière.

Note

Le liège de sol est plus solide que le liège mural car sa masse volumique est plus élevée (± 500 kg/m³). Attention donc de ne pas utiliser l'un pour l'autre.

Utilisation

Le liège se trouve en panneaux de 0,50 m par 1 m, sa surface rugueuse permet l'application directe de peintures et d'enduits.

Les plaques de liège expansé se posent et se découpent facilement.

Les dalles de sol sont souvent carrées (30 × 30), et d'une épaisseur variant de 3 à 8 mm.

Sous forme de granulés expansés, on l'utilise aussi par déversement manuel ou mécanique, en double cloison, remplissage des planchers et plafonds.

C'est enfin une solution idéale pour la préparation des chapes légères et isolantes (phoniques et thermiques).

Fiche technique spécifique du liège

Masse volumique (densité) : 120 kg/m³

Conductibilité thermique : 0,038 W/m.°C

Résistance à la traction : 0,094 N/mm²

Résistance à la compression : 0,2 N/mm²

Limite de compressibilité : 1 N/mm²

Module d'élasticité : 5 N/mm²

Rigidité dynamique : 126 N/mm²

Conductibilité vapeur : 0,017 – 0,003 g/m.h/mm

.../...

…/…

Température d'utilisation : jusqu'à 100 °C
Chaleur spécifique : 1,67 kJ/kg.°C
Coefficient de dilatation thermique : 25 à 50 × 10
Résistance diffusion vapeur : u5 – 30

Pose

- s'assurer du bon état du support : scissité (degré d'humidité), propreté et planéité ;
- encoller le dos des dalles avec de la colle de contact (à base de néoprène) ;
- suivre les prescriptions du fabricant de colle (simple encollage ou double : dalle et support) ;
- poser la dalle et la fixer en la frappant avec un marteau de caoutchouc.

Traitement

Attention, les produits pour parquets ne sont pas obligatoirement adaptés aux sols en liège. On privilégiera des vernis acryliques (base aqueuse), dont la qualité principale est la souplesse.

Entretien des dalles

L'entretien d'un sol en liège est semblable à celui d'un parquet huilé ou vitrifié : aspirateur et lingette légèrement humide (avec un capuchon de lavant naturel dans le seau de nettoyage, 2 à 3 fois par an).

La laine de coton

Le cotonnier est cultivé depuis la plus haute Antiquité pour sa fibre naturelle et duveteuse. Son coton est utilisé couramment dans l'industrie textile et l'industrie pharmaceutique.

Mais cette fibre naturelle constitue également la matière première principale de la laine de coton, isolant performant pour l'habitat.

Composé de fibres d'une extrême finesse, le coton a pour première caractéristique d'emmagasiner de l'air, ce qui en fait un remarquable isolant.

Pour être utilisée dans l'habitat, la laine de coton est simplement cardée et traitée contre le feu au sel de bore.

Utilisation

En rouleau, elle est souple et permet l'isolation en réduisant les coûts d'installation sur les planchers, toitures en rampants, combles...

En fibre vrac, on en remplit les vides de planchers bois, toitures en rampants, ossatures, murs isolés par l'extérieur, combles praticables...

En feutre de faible épaisseur, l'« Isocoton » est réservé à des applications d'isolation phonique.

Avantages

On lui attribue les avantages suivants :

- légère (densité de 10 à 30 kg/m^2) et facile à poser ;
- peut se compresser, ce qui est utile dans le cas de charpentes irrégulières ;
- pose en rouleaux isolants de toiture sans pare-vapeur ;
- non allergisant ;
- se découpe à la main comme un tissu pour les rouleaux ;
- utilisation possible sous les parquets pour isoler des bruits d'impacts ;
- excellente capacité hygroscopique (peut absorber une grande quantité de vapeur d'eau et la restituer ensuite, sans perte sensible de ses qualités d'isolation).

Prix

Compter entre 17 €/m^2 en 100 mm et 24 €/m^2 pour un panneau de 200 mm d'épaisseur.

Les algues

Ces plantes marines possèdent une capacité d'isolation calorifique plus élevée que celle des isolants synthétiques tels que la laine de verre.

Par exemple, sur la côte de la mer Baltique, les algues sont récoltées sur les plages avant d'être recyclées à raison de 600 m^3 par an pour être transformées en matériau isolant.

Avantages

On lui attribue les avantages suivants :

- difficilement inflammable ;
- complètement écologique ;
- demande énergétique très diminuée grâce à ses propriétés isolantes ;
- aucune incidence néfaste sur la santé.

Seul point faible : son prix (une plaque d'isolant à base d'algues d'une épaisseur de 20 cm revient à environ 10 € le m^2 tandis qu'une plaque de laine de verre revient à 8 € le m^2).

Cette différence s'explique par le tri des détritus présents dans les algues lors du ramassage sur les plages.

Les plantes sont ensuite nettoyées puis séchées.

Deux types de produits isolants en sont issus : un produit au détail servant à colmater les trous, et des plaques d'isolation thermique utilisées pour les murs et les toits.

Ce produit étant en cours de développement, il n'existe pas à ce jour de fiche technique validée par le CSTB.

La laine de mouton

Comme les poils des mammifères et le duvet des oiseaux, elle possède des qualités d'isolation thermique et de régulation exceptionnelles liées à la constitution originale de ses fibres composées de « tuiles » (comme celles d'un toit).

La laine de mouton peut absorber jusqu'au tiers de son poids en eau sans que cela nuise à ses propriétés isolantes et ensuite retrouver tout son gonflant une fois sèche.

Ces propriétés en font l'un des matériaux d'isolation les plus performants, avec un coefficient de conductivité thermique exceptionnel (lambda = 0,032 environ) équivalent à celui du liège et bien supérieur aux laines minérales (0,040 pour la laine de verre).

Avantages

On lui attribue les avantages suivants :

- légère (densité de 10 à 30 kg/m^2) et facile à poser ;
- peut se compresser, ce qui est utile dans le cas de charpentes irrégulières ;
- se pose en rouleaux isolants de toiture sans pare-vapeur ;
- stabilité du rouleau faisant appel à un simple canevas placé au cœur de l'épaisseur ;
- non allergisant ;
- se découpe à la main, comme un tissu (les fibres étant replacées debout comme sur le dos du mouton) ;
- utilisation possible sous les parquets pour isoler des bruits d'impacts ;
- les rongeurs peuvent difficilement y creuser des galeries.

Elle est souvent traitée contre les insectes avec des dérivés de l'urée et lavée avec de la soude et du savon pour éliminer les impuretés et suints responsable de son odeur caractéristique puis ignifugée avec des sels de bore.

Conseils

Si vous pensez acheter de la laine de mouton brute, la préparer et la traiter vous-même, la noire revient beaucoup moins chère que la blanche (préférée par la filière textile) : renseignez-vous chez les tondeurs.

Pour les combles, réaliser une trappe d'accès pour vérifier l'état de la laine, et remettre une couche ultérieure pour augmenter le pouvoir isolant d'année en année suivant la production.

Pour la protéger des mites, vous pouvez la vaporiser avec de l'huile de cèdre.

Prix

Environ 0,60 €/kg.

Prix laine de mouton traitée

Prix TTC/m^2 (épaisseur : 80 mm) : entre 10 et 12 €.

Adresses

Étoile du Berger
Prades
63210 – SAINT-PIERRE-ROCHE
04 73 65 89 03

Textinap
4, rue M. Vardelle
87050 – LIMOGES
05 55 01 46 67

Domus (distributeur Daemwool)
O9120 – VARILHES
05 61 67 73 45

Le chanvre

Cette plante annuelle à croissance rapide est utilisée depuis longtemps pour la fabrication de vêtements, de papier, d'huile ainsi qu'en médecine.

Transformée par un procédé de fabrication mécanique, c'est aussi un matériau d'isolation excellent et recyclable.

Il s'adapte parfaitement à toutes les constructions traditionnelles mais a aussi été employé avec succès dans des bâtiments collectifs.

Il peut s'utiliser sous plusieurs formes :

- **Granulats de chanvre stabilisé**
  Type Chanvrinove
  Prix TTC/m^3 : entre 99,6 et 121,7 €
- **Granulats de chanvre non stabilisé**
  Type Chanvre construction
  Prix TTC/m^3 : entre 67,5 et 82,5 €
- **Laine de chanvre**
  Prix TTC/m^2 (épaisseur : 100 mm) : entre 18,2 et 22,2 €
- **Briques de chanvre**
  Fabriquées à partir de copeaux de chanvre et de chaux aérienne, ces briques peuvent être maçonnées au mortier de chaux-sable à l'extérieur, et au plâtre, à la chaux ou en terre cuite en intérieur.
  Type Chanvribloc
  Dimensions 20 × 30 × 60 cm (pour des murs de 30 cm extérieurs) : 65 €
  Brique 10 × 30 × 60 intérieur (pour le doublage) : 23 € /m^2
  Poids : 300 kg au m^3
  Coefficient d'isolation : R = 4
  Conductivité thermique : 0,075 W/m.K

Exemple de maison en briques de chanvre

La pose de brique en chanvre

Où s'adresser

Technichanvre
02 98 06 45 34

Pour la laine de chanvre :
Balthazard et Cotte Bâtiment
03 81 47 40 10

Pour les Granulats :
Atelier du Chanvre
Olivier Duport

Pour les briques :
04 76 81 27 45/06 80 72 07 58

Pour en savoir plus :
Association « Construire en chanvre »
site : www.construction-chanvre.asso.fr
P 6
89150 – SAINT-VALERIEN
06 81 49 56 41

Avantages

- perméable à la vapeur d'eau ;
- ses fibres sont naturellement fongicides et antibactériennes ;
- bonne résistance aux rongeurs, insectes et nuisibles, qui ne s'y attaquent pas puisqu'il ne contient pas d'albumine ;
- aucun danger pour la santé, tant lors de sa transformation que de sa pose ;
- mise en place simple et peu génératrice de poussières ;
- imputrescible ;
- résistance au feu et au gel ;
- complètement écologique ;
- faible coefficient de tassement.

Utilisation

En panneaux pour l'isolation des toits, des murs, et des sols.

La bonne qualité de diffusion de l'air assure une régularisation automatique de l'humidité sans déperdition de chaleur et rend l'habitation saine et confortable.

Le chanvre peut aussi être utilisé en vrac, inclus dans les torchis et mortiers légers, ou minéralisé pour en remplir les vides des constructions, planchers, combles, doublages, toitures.

Les fibres de bois

Les dosses, les délignures et les copeaux de conifères provenant des scieries constituent la base de ce produit.

Les fibres, humidifiées avec jusqu'à 98 % d'eau, sont ensuite pressées et séchées pour donner des produits à fibres tendres ou dures.

La fabrication se fait sans agent ignifugé, sans fongicide et sans pesticide.

La lignine propre au bois sert de seul liant.

Les panneaux poreux de fibres de bois renferment une multitude de cellules d'air, ce qui leur confère leur grand pouvoir isolant thermique comme acoustique ; ils se présentent sous forme de panneaux semi-rigides, souples, de pose facile, et suffisamment rigides pour se superposer.

On commence à les trouver facilement dans les grandes enseignes de bricolage.

Pour la construction, ils existent sous plusieurs formes :

- panneaux minces type Isodalle, pour la pose en sous-parquets flottants ;
- panneaux de plus fortes épaisseurs, isolant standard, pour l'isolation thermique et phonique de murs et de parois.

Utilisation

- pour la toiture si la pose de l'isolant est effectuée de l'intérieur ;

- pour les cloisons intérieures ;
- pour l'isolation acoustique et thermique des planchers ;
- en revêtement mural sur ossature bois.

Ce sont de bons supports pour la peinture ou la pose de papiers peints.

Ils peuvent être recyclés, compostés, ou utilisés à des fins thermiques pendant des décennies. On peut également les utiliser et les réutiliser pour la protection des sols de bâtiments en cours de rénovation.

Type de fiche technique fournie par la Société Steico

Type de produit	Qualité sol	Qualité universelle	Qualité spéciale
DIMENSIONS DISPONIBLES (en mm)			
épaisseur	40 et 60	18 à 52	60 à 120
longueur	1 200	2 500	1 880
largeur	380	600 750	600
surface utile du panneau en m^2	0,43	1,43 et 1,80	1,07
PROPRIÉTÉS			
coeff. théorique de conductivité thermique en W/(m.K)	0,040	0,049	0,049
coeff. de conductivité thermique validé en W/(m.K)	0,042	0,052	0,050
résistance à la compression garantie en kPa	40	200	100
capacité d'absorption d'eau en $kPa.s/m^3$	100	100	100
résistance au feu selon norme EN 13501-1	E	E	E
classe de matériau selon DIN 4102	B2	B2	B2
DOMAINES D'APPLICATION			
toiture, extérieur, sous couverture		x	x
toiture, extérieur, sous protection pare-pluie		x	x
toiture, entre chevrons			
toiture, intérieur, sous chevrons	x	x	x
mur, extérieur, sous habillages	x	x	x
mur, isolation intérieure	x		

Prix

TTC/m^2 :

Entre 4 et 21 € en épaisseur 20 mm (application sous plafond), type *Thermisorel.*

Entre 17 et 21 € en épaisseur 80 mm (pour les cloisons).

Où en trouver

Dans de plus en plus de surfaces de bricolage.

Le coco

La fibre de coco est un produit naturel surtout connu pour avoir été largement utilisé dans la fabrication de meubles.

Avec les nouvelles technologies, cette matière première est devenue un produit efficace pour l'isolation thermique et acoustique.

Caractéristiques techniques

Conductivité thermique : 0,043 W/m.K

Réduction du bruit d'impact : 25/35 dB

Réduction du bruit aérien : 47 dB

Inflammabilité : B2

Production

La fibre de coco est un excellent exemple de produit écologique ne causant pas de dommages à l'environnement.

Le processus de production pour arriver au produit final est exempt de produits chimiques.

La plaque de coco est une bonne solution pour résoudre les problèmes d'insonorisation (atténuation importante des bruits

d'impacts et aériens grâce à d'exceptionnelles qualités acoustiques).

Utilisation

En rouleau de coco, il est très souple et permet l'isolation thermique et acoustique en réduisant les coûts d'installation.

En fibre vrac, on en remplit les vides de planchers bois, ossatures...

Le corkoco

Résultat de la combinaison de fibre de coco et de panneaux de liège.

Il permet la réalisation de meilleures performances grâce à la complémentarité des caractéristiques acoustiques de chacune de ces matières.

L'excellente stabilité du liège permet au corkoco d'être une des meilleures solutions techniques dans les situations où l'on exige de hauts niveaux d'équilibre dimensionnel (ni dilatation, ni rétractation).

Présentation

- **plaque de coco**

  La plaque de coco est plus réservée à l'insonorisation. Elle permet d'importantes réductions de bruits d'impact et aériens grâce à d' exceptionnelles qualités acoustiques.

- **bande de coco**

  Les bandes de coco sont principalement utilisées pour réduire les ponts acoustiques des solivages.

- **rouleau de coco**
  Le rouleau de coco est très souple ; il permet de multiples applications (isolation thermique et acoustique) réduisant les coûts d' installation.
- **fibre de coco**
  La fibre de coco en vrac est utilisée en remplissage dans les vides des planchers bois, ossatures… pour l'isolation thermique et acoustique.
  À noter que la fibre de coco est aussi utilisée comme substrat de plantation (notamment pour les plantes carnivores).
  Prix : 4 € TTC le litre.

Où les trouver

Nature et Habitat
95, mas des Gardies
30001 – NÎMES
Tél. 33 (0)466 642 274
Fax. 33 (0)466 239 877

Le lin

Isolant naturel, le lin est la fibre naturelle la plus résistante et la plus légère qui existe.

Les résidus de l'industrie du lin sont transformés en matériel d'isolation et en feutre de lin. Économique et extrêmement durable, le feutre de lin n'a rien à envier aux autres matériaux d'isolation en matière de coût et de performances.

Le lin ne provoque aucune irritation de la peau. Il est en outre agréable et facile à traiter et a des propriétés d'insonorisation exceptionnelles.

L'effet de régulation de l'humidité du matériau d'isolation et du feutre de lin se traduit par un tampon thermique permettant

d'entretenir un climat agréable à l'intérieur, sans affecter le coefficient de conductivité thermique.

Les moisissures seront également évitées car le produit, qui est hygroscopique (repousse l'humidité), n'offre aucune condition favorable au développement des moisissures. L'équilibre du produit en CO_2 est en outre positif, ce qui permet de le produire avec une consommation d'énergie minimale.

Le lin n'affectera pas davantage l'environnement lorsqu'il sera réduit à l'état de déchet.

Utilisation

- En rouleaux, le lin est agrafé sous toiture, entre tasseaux, en mural ou à poser entre les solives sur un plancher.
- En plaques semi-rigides, il est adapté au doublage des murs, à agrafer sur une structure bois ou sous toiture, ou également sous plancher pour une meilleure isolation phonique.
- En feutre, on le pose sous les parquets flottants ou en thibaude sous les moquettes.
- En bandes, il sert de semelle (par exemple sous des carreaux de plâtre).

Prix

TTC/m^2 (épaisseur : 80 mm) : entre 12 et 14 €.

Où en trouver

Textinap
4, rue M. Vardelle
87050 – LIMOGES
05 55 01 46 67

Les isolants minéraux

L'argile expansée

Les billes d'argile expansée sont produites par cuisson à 1 100 °C de granules d'argile crue. L'expansion est provoquée par le dégagement de gaz lors de la cuisson des éléments organiques. Elles sont très résistantes à la compression et sont intéressantes lorsque la résistance à l'humidité est prioritaire.

Utilisation

L'argile expansée est utilisée soit en vrac comme dallage isolant sur terre-pleins ou terrasses, soit en béton allégé, soit comme constituant de blocs préfabriqués (briques, hourdis).

Le verre cellulaire

Connu depuis 1942, on le fabrique maintenant à partir du verre recyclé que l'on fait fondre à 1 000 °C. À ce verre fondu, on ajoute après broyage 0,15 % de poudre de carbone qui provoque un dégagement interne de CO_2. La masse refroidie est constituée d'un matériau léger, à cellules fermées, insensible au feu et à l'humidité et incompressible.

Avantages

On lui attribue les avantages suivants :

- incombustible ;
- inattaquable par les rongeurs et insectes ;
- chimiquement neutre ;
- imputrescible ;
- imperméable.

Utilisation

Ce matériau répond techniquement à la plupart des besoins du bâtiment conventionnel mais son coût en a limité l'usage à des domaines bien spécifiques (isolation des parois enterrées, des façades, des toitures-terrasses...).

Il est disponible sous forme de panneaux rigides, notamment dans la gamme Foamglas.

Où en trouver

Pittsburgh Corning France
Parc Silic
94500 – RUNGIS
01 56 34 70 00

La perlite

Cette roche est d'origine volcanique ; quand elle est soumise à une température élevée (1 200 °C), une violente réaction libère l'eau et la vapeur lui fait subir une expansion jusqu'à 15 fois son volume initial en formant des bulles vitrifiées ou « perles ».

Constituée de silice et d'alumine, sa structure cellulaire complétée par des fibres de verre donne à la perlite ses qualités isolantes.

Avantages

On lui attribue les avantages suivants :

- incombustible ;
- isolant thermique ;
- chimiquement neutre ;
- imputrescible.

Fabrication

À base inorganique et de couleur brune, le mélange de grains de perlite, additionnés d'un hydrofugeant et combinés par voie humide avec des fibres et des liants spéciaux, permet d'obtenir des panneaux expansés rigides.

Sa grande stabilité dimensionnelle et sa résistance au feu (sans coulure ni dégagement de gaz toxiques), à la compression et au poinçonnement en font un matériau d'isolation de choix.

Les granulés (perlite + silicone) peuvent servir à l'isolation des murs creux avec remplissage complet du creux.

Utilisation

Essentiellement en vrac (combles perdus, insufflation entre parois), en bétons et mortiers allégés, en couches de nivellement et en panneaux coupe-feu. Les matières brutes sont très hydrophiles, d'où leur enrobage fréquent au bitume ou au silicone.

Où en trouver

EFISOL
14/24 rue des Agglomérés
92000 – NANTERRE

Renseignements commerciaux :
Tél. 03 86 63 29 00 - Fax 03 86 91 18 79

Renseignements techniques :
Tél. 01 41 37 57 44 - Fax 01 41 37 57 48

La vermiculite

Ce minerai naturel est proche de la famille des micas.

Après son extraction, elle est triée, calibrée et tamisée.

Le traitement thermique à 900°c aboutit au produit exfolié. Sa mise en œuvre est simple et ne nécessite aucun outil particulier. L'air immobilisé dans les feuillets lui confère des propriétés thermiques et acoustiques. Sa masse volumique est particulièrement faible (100 kg/m^3 pour un lambda de 0,058 à 65 en fonction de la granulométrie). Elle est incombustible et son pouvoir calorifique est nul. C'est un produit naturel qui ne pique pas et n'irrite pas. Elle ne contient aucun produit organique et ne dégage aucun gaz toxique ni de fumée sous l'effet de la chaleur. De par sa composition minérale, ce produit est stable dans le temps. La vermiculite est imputrescible, stable, inerte, elle n'attire ni insectes ni rongeurs. Elle est aussi utilisée pour les enduits, béton léger...

Utilisation

Les principales utilisations se font en vrac (combles perdus, insufflation entre parois), en bétons et mortiers allégés, en couches de nivellement et en panneaux coupe-feu.

Les matières brutes sont très hydrophiles, d'où leur enrobage fréquent au bitume ou au silicone.

Disponible en sacs de 100 litres.

Où en trouver

EFISOL
14/24 rue des Agglomérés
92000 – NANTERRE

Renseignements commerciaux :
Tél. 03 86 63 29 00 - Fax 03 86 91 18 79

Renseignements techniques :
Tél. 01 41 37 57 44 - Fax 01 41 37 57 48

Les isolants mixtes (minéraux et végétaux)

Le torchis

Le torchis, dont sont constitués depuis des millénaires les maisons dans certains pays soumis à de fortes différences thermiques, est en train d'être redécouvert comme isolant intérieur ou extérieur. Il constitue un des meilleurs matériaux isolants et imperméables.

Il s'agit de boue mélangée à de la paille (pour le plus simple) projetée sur les murs.

L'avantage essentiel est son coût négligeable, sa mise en œuvre facile et sa non toxicité...

Le torchis de remplissage est un « mortier » fait d'un mélange d'argile et de paille d'avoine ou de foin coupé auquel on ajoute quelquefois des paillettes de lin.

On peut l'appliquer de deux manières.

En colombage (remplissage entre les pans de bois)

Mettre une couche de 1 à 2 cm de torchis additionné de chaux grasse sur le lattis extérieur.

Quand cette couche est encore humide, remplir le vide entre les poteaux avec le torchis brut.

Le lattis intérieur, monté à mesure du remplissage, sert à maintenir la terre et ferme la cage.

En enduit

Dans les maisons de paille à ossature bois, par exemple.

Cet enduit de finissage est composé d'argile et de chaux grasse mélangées à de l'étoupe (déchets de sacs de jute) ou à de la bourre (poil de vache).

Pour le protéger et assurer l'étanchéité, on prépare un seau de badigeon au lait de chaux qu'on étale au balai sur la dernière couche de torchis.

Avantages

On lui attribue les avantages suivants :

- isolant thermique et phonique bien supérieur à la brique et au parpaing ;
- peu coûteux ;
- sain, laisse respirer le mur et l'empêche de moisir ;
- souple, ne fissure pas comme le ciment ;
- malléable, épouse les défauts ;
- créatif, permet la réalisation de corniches, de bandeaux, etc. ;
- joli, donne du caractère et un aspect chaud ;
- d'entretien facile (un coup de badigeon au lait de chaux) ;
- valorisant : les maisons traditionnelles sont de plus en plus recherchées ;
- complètement écologique.

Les isolants minces

Les isolants minces réfléchissants

Les isolants minces sont appelés aussi « films minces réfléchissants », « isolants par « thermoréflexion », et « isolants thermoréflectifs ».

Il ne faut pas les confondre avec les super isolants sous vide (VIP).

On les utilise en France depuis les années 70, mais il s'en installe encore plus de 8 millions de m^2 par an.

Ils sont constitués d'une ou plusieurs couches de feuilles d'aluminium intercalées avec de la mousse souple, du feutre ou autres. Leur épaisseur varie de quelques millimètres à quelques centimètres. Leur présentation est le plus souvent en rouleaux.

Leur côté réfléchissant permet de renvoyer 90 % du rayonnement tant solaire (pour le côté extérieur) qu'infrarouge (pour le côté intérieur).

Beaucoup d'artisans installateurs font la promotion de ces produits car ils sont plus rapides et surtout plus faciles à installer que les isolants classiques en rouleaux ou en panneaux.

Efficacité et mise en œuvre

Un avis technique publié sous l'égide du Comité scientifique et technique du bâtiment datant de juin 2005 précise les performances réelles et la mise en œuvre préconisée pour ces matériaux :

Destination	Type de pose	Résistance thermique obtenue pour la paroi (en $m^2K.W$)	Épaisseur équivalente pour un isolant classique (en cm)
murs	La meilleure pose se fait en intercalant une lame d'air de 2 cm de chaque côté de l'isolant. Dans ce cas l'épaisseur totale est d'environ 5 cm. La pose « parfaite » signifie qu'il n'y a pas de fente de plus de 0,5 mm d'ouverture, en bas, en haut ou en périphérie de chaque lame d'air, ce qui est très difficile à obtenir en pratique…	1,68 (pose parfaite) 0,50 (pose courante)	6,4 cm (pose parfaite) 1,9 cm (pose courante)
combles habités (sous rampants de toiture)	L'obtention d'une pose avec 2 lames d'air non ventilées est difficile à réaliser. Valeurs données avec une seule lame d'air de 2 cm d'épaisseur côté intérieur.	0,70 (pose parfaite) 0,42 (pose courante)	2,7 cm (pose parfaite) 1,6 cm (pose courante)

Questions-réponses (fournies par la Commission des avis techniques)

Ces produits sont-ils suffisamment isolants ?	L'isolation intrinsèque apportée par les isolants minces disponibles sur le marché correspond à une épaisseur d'isolant standard (laine minérale, polystyrène, etc.) qui se situe entre 4 mm (sans lames d'air) et 2 cm (dans le cas d'une pose « courante »). *Ces valeurs ne* **répondent pas aux niveaux réglementaires** *appliqués en neuf.* *En conséquence, ces produits ne doivent être* **utilisés** *qu'***en tant que compléments d'isolation**.
Ces produits contribuent-ils au confort d'été, c'est-à-dire permettent-ils de garder la maison fraîche ?	*La contribution au confort d'été est en général* **inférieure à celle d'une isolation classique** *car le facteur solaire est plus élevé.*
Ces produits sont-ils susceptibles de provoquer des dommages dans les bâtiments ?	*Les produits minces réfléchissants sont* **très peu perméables à la vapeur d'eau**. *Ils ne doivent* **en aucun cas être placés côté extérieur d'une isolation classique** *perméable à la vapeur d'eau.* *En effet, les* **risques de dégradation liées à la condensation sont alors importants** *du fait de l'humidité accumulée.* *Ils ne peuvent donc pas être utilisés comme écran de sous-toiture.*
Quelles sont les performances acoustiques ?	*Le* **gain acoustique potentiel est faible**, *en raison de la faible masse des produits et de l'absence d'absorbant en face externe.*

Mise en garde !

Certaines publicités mettent en avant que les isolants minces sont « équivalents à 20 cm de laine de verre ». En fait, pour une utilisation sous les combles, la valeur obtenue même dans le cas d'une pose parfaite n'excède pas 3 cm (selon les résultats de la commission chargée de formuler les avis techniques) !

Un isolant mince posé seul (sans isolant classique en complément) n'apporte qu'une isolation phonique négligeable.

Contrairement à une idée répandue, les isolants minces réfléchissants apportent moins de fraîcheur l'été qu'une isolation classique.

Une pose soignée est difficile à obtenir et conduit à une épaisseur globale de l'ordre de 5 cm, ce qui n'est finalement pas si mince.

Étanches à la vapeur d'eau, les isolants minces empêchent l'humidité de s'évacuer naturellement de votre logement.

Utilisés seuls, ces produits apportent une isolation très inférieure aux exigences de la réglementation thermique.

Conclusion

Les isolants minces sont mis en avant par de trop nombreux professionnels du bâtiments qui se contentent de l'appliquer en quelques coups d'agrafes, sans réel souci du résultat thermique obtenu !

Le prix final de ces isolants minces (fourniture + pose si elle est bien faite) fera préférer les isolants lourds qui apportent un meilleur confort tant en hiver qu'en été.

Ils se trouvent dans toutes surfaces de bricolage.

6

Comparer les isolants

Unités de mesure

On mesure les qualités isolantes des matériaux à partir de deux unités principales :

R : (=e/λ) coefficient de résistance thermique (plus le coefficient est élevé, plus l'isolant est efficace) exprimé en mètre carré degré Celsius par Watt (m^2.°C/W).

Lambda (λ): coefficient de conductivité thermique (plus le coefficient est faible, plus l'isolant est efficace) exprimé en Watt par mètre et par degré Celsius (W/m.°C).

U : (anciennement Ks)(= I/R) coefficient de transmission calorifique (plus le coefficient est faible, plus la paroi est performante) exprimé en Watt par mètre carré degré Celsius (W/m^2.°C).

Tableau comparatif d'isolation des principaux matériaux (classés par ordre décroissant d'efficacité) Lorsque des fourchettes sont indiquées, elle sont fonctions de la granulométrie.

Isolant	Coefficient conductivité thermique
Polyuréthane	0,025
Polystyrène expansé	0,038
Polystyrène extrudé	0,03
Laine de mouton	0,032
Lin	0,037
Verre cellulaire	0,035 à 0,048
Liège	0,037 à 0,04
Chanvre en rouleau	0,04
Laine de coton	0,04
La cellulose	0,04
La laine de bois	0,04
Laine de verre ou de roche (rouleau ou plaques)	0,04
Laine de verre ou de roche (flocons)	0,045
Chanvre en vrac	0,048
Perlite	0,06
Vermiculite	0,058 à 0,065
Bois	0,15
Béton cellulaire	0,17
Béton standard	2

Aujourd'hui, tous les matériaux isolants ont une bonne résistance thermique.

Par contre, ce n'est pas le cas des isolants minces, du fait de leur faible épaisseur.

Cependant, les fiches techniques des fabricants indiquent d'autres éléments à prendre en considération, tels que la porosité, la résistance au feu, la résistance au tassement, etc.

- Coefficient de conductivité thermique validé (W/(m.K)
- Résistance à la compression garantie (kPa)
- Capacité d'absorption d'eau (kPa.s/m^3)
- Résistance au feu selon la norme EN 13501-1
- Classe de matériau selon la norme DIN 4102

Caractéristiques des isolants
Selon les effets recherchés en priorité, choisissez l'isolant qui correspond le mieux à vos besoins

Qualité	Effets recherchés	Isolant à éviter
Faible coefficient de conductivité thermique lambda (λ)	freine l'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur.	
Forte densité, bonne aptitude à accumuler la chaleur	• amortit l'onde de variation de la température extérieure sur 24 heures (pour rester au frais l'été) • retarde la propagation du feu, • bonne isolation phonique.	Polystyrènes, polyuréthane et laines de densité inférieure à 50 kg/m^3
Perméabilité à la vapeur d'eau	laisse « respirer » la maison	Polystyrènes, polyuréthane
Longévité	évite le tassement, pas d'apparition de « jours » aux raccords.	Laines en rouleaux ou en vrac
Absence de nocivité	ni émanations toxiques due à des additifs chimiques, ni microfibres irritantes.	Polystyrènes, polyuréthane et, dans une moindre mesure, laines minérales.
Isolation préservée en cas d'humidité.	efficacité préservée par grand froid.	Aucun matériau à éviter mais frein-vapeur obligatoire sur la face intérieure de tous les isolants fibreux.

7

Protection contre la canicule

En ces temps de canicule, qui vont certainement s'amplifier à cause du réchauffement climatique, cela devient maintenant un élément à prendre sérieusement en considération !

Jusqu'à aujourd'hui, la prise en compte du confort d'été n'était pas évoquée par les fabricants de matériaux d'isolation.

La densité des isolants est pourtant essentielle en été ; n'hésitez pas à vous renseigner auprès des revendeurs, car elle n'apparaît presque jamais dans les documentations « grand public ».

Isolation des combles perdus

Les isolants en vrac permettent une pose facile et se logent dans tous les interstices, évitant ainsi les ponts thermiques. Par contre, comme les isolants en vrac sont généralement légers, il est préférable de largement dimensionner leur épaisseur pour éviter les surchauffes d'été.

Il est par contre nécessaire de vérifier pour les isolants dont la densité dépasse 30 kg/m^3 que la structure pourra supporter ce supplément de poids.

Isolant	Densité (masse volumique)	Épaisseur mini conseillée	Prix moyen	Isolation canicule
Ouate de cellulose	55 kg/m^3	27 cm	15 €/m^2	bonne
Laine de roche en vrac	25 kg/m^3	22 cm	11 €/m^2	médiocre
Laine de mouton	10 à 30 kg/m^3	24 cm	30 €/m^2	très bonne
Laine de coton	20 à 30 kg/m^3	20 cm	24 €/m^2	bonne
Perlite expansée	90 kg/m^3	30 cm	36 €/m^2	très bonne
Verre cellulaire	entre 100 kg et 165 kg/m^3	entre 4 et 5 cm	NC	très bonne
Vermiculite expansée	entre 80 kg et 120 kg/m^3	30 cm	NC	très bonne

Isolation des combles habités

Dans le cas des combles habités, l'isolant peut se placer entre les chevrons (cas le plus fréquent) mais aussi en dessous des chevrons ou au-dessus des chevrons.

Les isolants légers en rouleau sont à éviter pour garder l'étage frais en été.

Isolant	Densité (masse volumique)	Épaisseur mini conseillée	Prix	Isolation canicule
Polystyrène expansé	18 kg/m^3	22,2 cm	18 €/m^2	médiocre
Laine verre ou roche en rouleau	16 kg/m^3	22,2 cm	18 €/m^2	médiocre
Laine de chanvre en rouleau	25 kg/m^3	23,4 cm	30 €/m^2	passable
Polystyrène extrudé	35 kg/m^3	17,4 cm	35 €/m^2	passable
Laine de bois *	100 kg/m^3	25 cm	45 €/m^2	excellent
Laine de roche pour sol	130 kg/m^3	24,0 cm	54 €/m^2	très bonne
Polyuréthane	35 kg/m^3	16,2 cm	65 €/m^2	médiocre

* valeurs indiquées correspondant à : 8 cm de plaques sous chevrons + 12,9 cm de plaques entre chevrons + lame d'air + pare-pluie 18 mm.

Les isolants les plus couramment utilisés pour les combles (isolants synthétiques, laines minérales légères) sont peu performants pour se protéger de la chaleur estivale.

Pour obtenir un bon confort d'été, il faut donc utiliser de très fortes épaisseurs (au moins 40 cm pour le polystyrène expansé, ce qui est impossible à placer entre chevrons) et on atteint des prix prohibitifs pour le polyuréthane.

Laine de verre ou laine de roche ?

La laine de verre est plus légère que la laine de roche et possède sensiblement la même valeur d'isolation.

La laine de roche a l'avantage de résister plus longtemps au feu.

Des études du laboratoire américain « Oak Ridge National Laboratory » ont démontré que la fibre de verre perdait jusqu'à 40 % de son efficacité énergétique lorsque la température des combles était inférieure à – 7 °C.

Enfin, les flocons de laine de verre, les plus légers, se déplacent facilement avec le vent, créant ainsi des espaces peu isolés.

Dangers

En plus des inquiétudes concernant leur caractère cancérigène, ces deux matériaux provoquent avec certitude des irritations cutanées et respiratoires lors de leur pose.

Il faut donc être protégé hermétiquement de leur contact et de la possibilité d'en inhaler les poussières ; ils doivent être manipulés avec des gants pour préserver la peau et les muqueuses et ne doivent pas être accessibles dans l'habitat.

L'observatoire de la qualité de l'air intérieur déconseille en outre de percer des faux-plafonds (pour y mettre des spots lumineux par exemple) s'ils sont isolés avec des laines minérales.

Isolation par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur est souvent une meilleure solution que l'isolation intérieure. Elle permet, à épaisseur d'isolation égale, de diviser par 2 à 3 les pertes de chaleur et de conserver pendant l'été, en diminuant les transferts de chaleur, la fraîcheur de la nuit dans la maison.

Sa mise en œuvre, plus facile, la rend aussi moins onéreuse.

Avantages

- suppression des ponts thermiques des dalles de plancher, des murs de refend et autres cloisons ;
- utilisation de l'inertie des murs pour récupérer les apports extérieurs, les apports ménagers ; les murs deviennent ainsi de véritables radiateurs basse température ;
- meilleur confort thermique (les murs conducteurs thermiques absorbent puis restituent la chaleur rayonnée par les occupants des lieux) ;
- absence de condensation dans les murs puisqu'ils sont à la même température que l'air intérieur ;
- absence d'émanation de gaz nocifs souvent restitués sous l'action conjuguée de la chaleur et de l'humidité par les isolants classiques ;
- facilité d'accrochage des meubles de cuisine et de salle de bains, et des tringles à rideaux ;
- possibilité de maintenir un aspect rustique et traditionnel aux murs intérieurs (pierres apparentes, briques, colombages…) ;
- pas de gel, pas de fissures sur les façades.

Inconvénients

- le bardage extérieur est moins résistant qu'un enduit sur murs ;
- coût un peu plus élevé à résistance thermique égale (mais qui s'amortit en 2 ans environ sur les économies du chauffage, et sur un gain de confort difficile à chiffrer !),
- difficultés à la conception pour l'implantation des combles et du garage ou du sous-sol ;
- difficultés d'installation d'un volet battant ;
- technologie moins abordable pour les auto-constructions mais réalisable, en s'entourant de bons conseils.

8

Les toits végétaux

Le toit végétal consiste à recouvrir une toiture plate ou à faible pente de verdure, c'est-à-dire de plantations.

Utilisée depuis des siècles dans les pays scandinaves pour assurer une isolation thermique, cette solution connaît un nouvel engouement aujourd'hui chez les architectes et paysagistes. Autant les murs végétaux intérieurs procèdent avant tout d'un choix décoratif, autant les toits végétaux, qu'il ne faut pas confondre avec les toits de chaume, ont un intérêt isolant et régulateur indéniable.

Malheureusement, toutes les toitures ne peuvent supporter une couche végétale en raison de son poids ou d'une inclinaison du toit non adaptée. Le Canada ou l'Allemagne utilisent à grande échelle cette nouvelle technologie des « toits verts » pour lutter efficacement contre la pollution.

Les allemands ont ainsi « végétalisé » 8 millions de m^2 de toiture en 1999 contre moins de 100 000 m^2 en France.

Contrairement à ces pays pionniers, aucune aide financière, subvention ou crédit d'impôt n'existe en France pour ce type de travaux (sauf quelques agences et collectivités particulièrement motivées, commençant à mettre en place des aides spécifiques). Cela explique sans doute ceci ! Aujourd'hui, la France et ses archi-

tectes n'en sont qu'à leurs premiers pas en matière de toiture végétale...

Exemple de toiture végétale

Des avantages indéniables

Les toitures végétales permettent une amélioration de l'isolation des habitations autant pour le froid de l'hiver que la chaleur de l'été. Par exemple, une toiture traditionnelle peut atteindre des températures extrêmes de l'ordre de – 20 °C à + 80 °C. Une toiture végétalisée maintient une température avec un delta (différence entre les 2 extrêmes) de 15° maximum (soit un gain de 85 %), et permet une baisse de température en été de 3 à 7 degrés, servant ainsi de climatisation naturelle.

Il en est de même pour les écarts thermiques entre le jour et la nuit ; les toits verts atténuent les écarts de températures...

Outre une bonne isolation thermique, vous bénéficierez d'une isolation phonique supplémentaire en atténuant d'environ 50 décibels les bruits venant de l'extérieur.

De plus, ce système permet de contrôler les eaux de ruissellement, en modérant le débordement et l'engorgement des stations de traitement des eaux lors de violents orages (un toit végétal peut absorber jusqu'à 75 % des précipitations reçues.). Cette eau est ensuite utilisée par les végétaux et réinjectée dans le cycle naturel par évaporation.

Par ailleurs, vos toits verront leur durée de vie prolongée : le mur végétal est un écran contre les rayons ultraviolets et rayons solaires et une très bonne protection contre les intempéries ou le gel.

Idées reçues

Les plantes adaptées sur les murs et les toits n'entretiennent pas l'humidité, et ne sont pas dangereux pour les murs.

N'oublions pas les bienfaits des végétaux : augmentation de la production d'oxygène et diminution du taux de CO_2 grâce à la photosynthèse, rétention partielle des particules ou poussières volatiles contenues dans l'air et, enfin, surfaces de décoration végétales supplémentaires (jardins suspendus, toits terrasses).

Suivant leur épaisseur et leur type d'arrosage, on reconnaît trois types de toitures végétales : les plantations extensives, semi-extensives (ou semi-intensives) et intensives.

Les toitures végétales de type « extensif »

Particulièrement adaptées aux bâtiments de grandes superficies, toits inclinés ou habitations déjà existantes, elles présentent les avantages suivants :

- faible épaisseur de substrat (3 à 15 cm environ) ;
- poids de surcharge compris entre 30 et 100 kg/m^2 (à capacité maximale en eau) ;
- entretien restreint (arrosage uniquement en cas de sécheresse prolongée) ;
- végétation colonisatrice très résistante (mousses et sédums, graminées, plantes grasses) ; la hauteur de ces végétaux ne dépassent guère 25 cm ; le mixage de plusieurs variétés leur donne un aspect multicolore du meilleur effet décoratif et varie au gré des saisons.

Seul inconvénient, ce type de toiture n'est pas praticable (ne peut être ni cultivé ni piétiné) sur les toits en pente à cause de sa fragilité.

Toitures végétales de type « intensif » et « semi-intensif »

Appelées aussi jardins suspendus, ces toitures végétales sont plutôt préconisées pour les petites et moyennes surfaces et présentent les caractéristiques suivantes :

- épaisseur de substrat plus importante (15 à 30 cm environ) ;
- poids de surcharge compris entre 120 et 350 kg/m^2 (à capacité maximale en eau) ;
- possibilité d'implanter une végétation à fort développement racinaire et aérien de type horticole (graminées, gazons, plantes vivaces ou même arbustes ;
- entretien modéré mais arrosage régulier nécessaire.

Comparable aux jardins ordinaires, il est possible de semer ou de cultiver n'importe quel végétal mais son poids important oblige la construction à être prévue pour supporter cette surcharge.

Il est donc indispensable de s'adresser à des professionnels pour vérifier la capacité des structures du bâtiment avant toute installation.

La mise en œuvre

Adaptable sur tout type de support porteur (béton, bois, acier...), la toiture végétale se compose :

- d'un pare-vapeur ;
- d'un isolant thermique (de type usuel d'une classe C en compressibilité minimum) ;
- de membranes d'étanchéité (goudron, caoutchouc ou PVC, de qualité industrielle) qui doivent absolument être résistants à la pénétration des racines ;
- d'une couche drainante (granulats ou billes d'argile expansé, cailloux, graviers, plaques de polystyrène alvéolées et nervurées), choisie en fonction de la pente de la toiture, facilitant l'écoulement des eaux pluviales ;
- d'une couche filtrante (nappes de laines de verre ou de roche, synthétiques en polyester ou polypropylène) retenant les fines particules de terre et végétaux qui risqueraient de colmater la couche drainante,
- d'un substrat composé de mousse de sphaigne, terreau, terre noire, compost... servant de support aux végétaux choisis en fonction du climat, de l'ensoleillement ou de l'inclinaison du toit.

Le tapis végétal

Ce type de produit se présente généralement en rouleaux de 1 m de large sur 2 m de long pouvant aller jusqu'à 10 m sur commande, d'une épaisseur minimum de 3 cm. Cultivé sur un géotextile faisant office de filtre, le substrat est spécialement élaboré pour les toitures végétales.

Les végétaux choisis sont principalement des plantes vivaces (plantes grasses et sédums) de faible hauteur (5 cm maximum) et très tapissantes. On les sélectionne aussi pour leur résistance à la sècheresse et aux fortes gelées.

Il existe aussi des dalles précultivées qui se posent sur un géotextile de 180 g/m^2 minimum qui lui-même repose sur une couche drainante de 6 cm minimum de gravier ou de tout autre support compatible (type « Agrodis » ou autre).

Ces plantations fleurissent légèrement en été selon les conditions climatiques. La couleur du feuillage change entre le vert et le rouge selon les variétés et les saisons.

Leur faculté de se réensemencer chaque année permet d'obtenir une toiture continuellement recouverte.

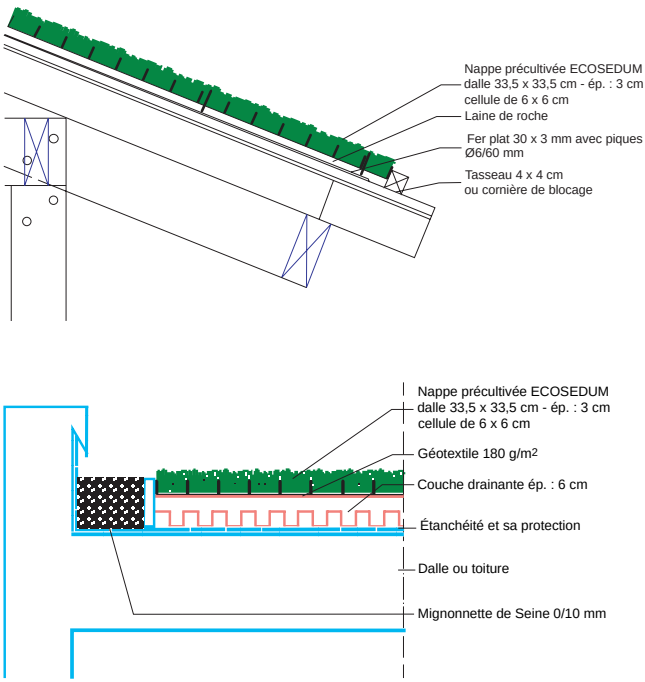

Nappe précultivée ECOSEDUM
dalle 33,5 x 33,5 cm - ép. : 3 cm
cellule de 6 x 6 cm
Laine de roche
Fer plat 30 x 3 mm avec piques
Ø6/60 mm
Tasseau 4 x 4 cm
ou cornière de blocage
Nappe précultivée ECOSEDUM
dalle 33,5 x 33,5 cm - ép. : 3 cm
cellule de 6 x 6 cm
Géotextile 180 g/m2
Couche drainante ép. : 6 cm
Étanchéité et sa protection
Dalle ou toiture
Mignonnette de Seine 0/10 mm

Schéma de toitures végétales

La pose de tapis végétal peut s'effectuer toute l'année sauf en période de gel. L'arrosage est nécessaire si le tapis est installé en période de sècheresse. Le délai entre le découpage du tapis végétal en pépinière et sa pose ne doit pas dépasser 4 à 5 jours.

Contraintes

Des précautions spéciales sont à prendre selon l'orientation de la toiture, la situation de l'habitation (en bord de mer, il faut prendre en compte les agressions du sel, des oiseaux marins ou du vent), ou encore l'exposition à l'ensoleillement qui influe sur le développement des végétaux installés.

Outre la solidité du gros œuvre porteur, et selon l'inclinaison du toit, un système d'accrochage peut devoir s'imposer.

Enfin, un permis de construire peut être nécessaire pour l'aménagement d'une toiture verte (demande à effectuer auprès des services de votre commune).

À savoir !

Il est impératif de respecter sans interprétations personnelles les règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées établies par la CSNE (Chambre syndicale nationale de l'étanchéité) et l'UNEP (Union nationale des entrepreneurs du paysage). Il existe en effet des essences déconseillées ou même interdites pour ces ouvrages. Une zone stérile (ou bande de pourtour) de 40 cm minimum doit en outre être réservée pour assurer les contrôles et relevés d'étanchéité ainsi que la bonne évacuation des eaux pluviales.

Contactez la Chambre syndicale nationale de l'étanchéité 6, rue de La Pérouse, 75784 Paris Cedex 16, tél. 01 40 70 94 57, fax. 01 40 70 04 58. et l'Union nationale des entrepreneurs du paysage 10, rue Saint Marc , 75002 Paris, tél. 01 42 33 18 82, fax : 01 42 33 56 86, site : www.unep-fr.org

Entretien

Les toits de types extensifs ne nécessitent que deux contrôles annuels : vérification des évacuations pluviales, bon fonctionnement du drainage, élimination de mauvaises herbes déposées par le vent et éventuellement un arrosage durant les sécheresses.

Les toits de types intensifs doivent être humidifiés régulièrement à l'aide d'un système d'arrosage qui peut être intégré (type goutte à goutte) et entretenus tout au long de l'année comme un jardin ordinaire.

Conseils

- Ne procéder à l'installation de la couverture végétale que lorsque **le chantier est entièrement terminé**.
- Bien définir **le type de toiture désiré et donc le type de végétation souhaité** (que des *Sedum* ou une végétation basse, avec ou sans graminées, etc.).
- Exiger de l'entreprise qui installe la toiture de **stériliser le substrat** s'il contient de la terre végétale, choisir un substrat encore plus maigre **sans terre végétale** si ce n'est pas possible.
- Prévoir la première année **un suivi par l'entreprise mandatée**, éventuellement un arrosage en cas de printemps sec, pour assurer la première mise à graines des espèces semées.
- Contrôler le travail de l'entreprise mandatée et prévoir des possibilités d'entretien de sa part **l'année qui suit le semis**.
- **Définir le type d'entretien conséquent** et s'assurer de sa faisabilité. À noter que toute toiture nécessite un entretien, qu'elle soit verte ou non : au minimum 2 passages par année pour éliminer la végétation envahissante, comme les arbustes, et la progression des espèces dans les endroits non souhaités (écoulements, etc.).

Prix

Environ 25 € HT /m^2 hors pose.

Où s'adresser

Ecosedum
80 rue Nationale
5719O – Florange
Tél. : (+33) 03 82 59 47 52 – Fax : (+33) 03 82 59 47 59

Partie 3

La ventilation

9

La maîtrise de l'humidité

Les maisons actuelles ont tendance à être de mieux en mieux isolées, mais cela peut engendrer d'autres problèmes.

L'isolation par l'intérieur atteint ses limites à cause des ponts thermiques et de nombreux logements ont tendance à être « sur-isolés » voire confinés.

Le confort

La sensation de froid est accentuée dans une atmosphère humide car, l'air humide étant plus conducteur, il vous prend plus de chaleur.

La ventilation d'une maison participe donc très étroitement à l'hygiène et au confort de vie.

Astuce

Sans investir dans un hygromètre professionnel, on peut mesurer le taux d'humidité de son logement (ne devant pas dépasser 60 %) en s'équipant d'une petite station météo domestique intérieure (environ 15 € TTC) souvent munie d'un affichage d'hygrométrie.

La santé

Outre les moisissures et la prolifération d'acariens, le tandem humidité/chaleur est le principal déclencheur d'émanation de substances contenues dans les isolants, revêtements, colles, solvants, parquets, moquettes meubles… synthétiques, très présents dans beaucoup de nos logements.

Ces dérivés chimiques sont cancérigènes et responsables d'allergies multiples et de troubles respiratoires.

L'eau, bien installée, ne s'évacue plus et les occupants souffrent alors de rhumes à répétition, d'asthme, d'allergies et de rhumatismes chroniques.

Des médecins attribuent même certaines dépressions au confinement dans des logements humides.

Pourquoi ?

L'utilisation de produits synthétiques fait que la peau de votre maison (les murs) ne respire plus.

L'humidité produite par les habitants de la maison (évaporation de la sueur, et respiration pour l'essentiel) et par leurs activités (cuisson, combustion du gaz, séchage du linge, lavage des sols, douches, bains...) s'évacue très lentement des murs (migration en plusieurs mois) et occasionne de l'humidité et des moisissures.

Les ponts thermiques

Les murs froids sont en contact avec l'air chaud et humide de la maison. Cet air se refroidissant, la vapeur d'eau qu'il contient se dépose sous forme de micro-gouttelettes comme la rosée du matin sur la terre et les plantes.

Le mur devient alors humide et encore plus conducteur, car l'eau conduit 25 fois mieux la chaleur que l'air.

Cette conductivité accrue augmentera à son tour cet effet de pont thermique, ce qui accentuera la condensation… Résultat : la tapisserie qui se décolle, les tâches d'humidité, eau qui suinte au pied du mur, le salpêtre… De plus, la maison devenant plus humide, elle devient plus difficile à chauffer.

La condensation

Au-delà de cet aspect, savez-vous qu'environ 2/3 de tous les dommages causés par l'humidité en construction sont dus à la condensation ?

Phénomène naturel, la condensation a lieu lorsque la différence de température entre l'air ambiant et les parois est si important que l'humidité créée se transforme en gouttelettes sur les surfaces froides, comme les vitres et les murs, surtout s'ils sont mal isolés. Cela dénonce des problèmes importants (lieux mal ventilés, mauvaises isolations, mauvaise exposition, etc.), sources de sinistres.

Dommages extérieurs

Lorsque le gel tombe sur des murs imbibés d'eau, l'eau se transforme en minis glaçons et l'augmentation de volume significatif de la glace fissure les murs et les enduits !

Moisissures

« Naturellement présents à l'intérieur des bâtiments, les champignons ont besoin d'eau pour se développer. Selon le degré d'hygrométrie d'un support, différents types de champignons peuvent apparaître. La première mesure préventive à la multiplication des moisissures consiste donc à éviter toute humidité excessive notamment en ventilant les locaux. »

Quand les moisissures apparaissent, il est déjà trop tard !

Ces biocontaminants courants des environnements intérieurs sont susceptibles de se développer sur tout type de support dès que les conditions favorables (température, teneur en eau du produit contaminé) sont réunies.
Ni animales, ni végétales, les moisissures sont des champignons microscopiques.

Ce sont les spores, particules microscopiques de 2 à 20 µm de diamètre, qui constituent le vecteur de dissémination des moisissures dans l'environnement.

Or, ces micro-organismes sont des agents pathogènes importants dont le développement est susceptible d'engendrer de nombreuses pathologies :

- rhinite ;
- asthme ;
- toxi-infections dues à l'inhalation de mycotoxines ;
- infections telles que l'aspergillose…

Pour tenter de réduire leur prolifération dans les logements, le laboratoire de microbiologie du CSTB a mis en place un protocole d'évaluation de la vulnérabilité des matériaux vis-à-vis des moisissures.

10

Les moyens de ventilation

Seul le renouvellement permanent et régulier de l'air permet de maintenir la maison à un état hygrométrique voisin de celui de l'air extérieur et d'éviter ainsi le dépôt d'humidité dans la maison et en particulier au niveau des ponts thermiques.

On élimine l'humidité en extrayant l'air chaud du logement puisqu'il contient toute la vapeur d'eau produite dans la maison.

Quelques chiffres

Chaque personne produit environ **1 à 1,5 litre d'eau par jour**.

Le taux d'humidité idéal dans l'atmosphère intérieure se situe entre 40 et 60 %.

En France, la pollution chimique touche **3 logements sur 4** !

Définitions

La **ventilation** a pour vocation d'évacuer l'air vicié des logements en le renouvelant par de l'air frais.

La **ventilation mécanique** désigne tous les dispositifs motorisés d'évacuation ou d'insufflation d'air frais.

Les fenêtres

« Dans le temps », les fenêtres avaient aussi pour rôle d'assurer le renouvellement de l'air dans les pièces pour la respiration, pour extraire l'humidité de la cuisine, et les fentes sous les portes extérieures apportaient l'air pour le poêle ou la cheminée.

Maintenant que les portes et fenêtres sont parfaitement étanches, on y installe des ouies dans le châssis, ou dans les battants, pour assurer ce renouvellement d'air.

Mais cet air est froid puisqu'il provient directement de l'extérieur.

La ventilation naturelle

Elle consiste à simplement créer des courants d'air dans le logement par le biais d'orifices d'entrée d'air en partie basse des murs des pièces principales et des bouches de sortie en partie haute des pièces humides.

Dans ce dispositif, le débit est très mal contrôlé car il dépend du vent, des conditions climatiques, de la saison... et peut conduire à une sous-ventilation ou au contraire à une surventilation occasionnant des besoins inutiles en chauffage.

Renouveler l'air

La ventilation participe aussi à l'élimination des polluants intérieurs, mais il vaut mieux pour cela recourir à l'aération.

Pour cela, ouvrez en grand vos fenêtres pendant une dizaine de minutes, pas plus.

En hiver, cela permet de bien renouveler l'air sans trop refroidir les parois et les meubles de la pièce. (La pratique qui consiste à aérer longtemps, mais en entrouvrant seulement les fenêtres, est à bannir !)

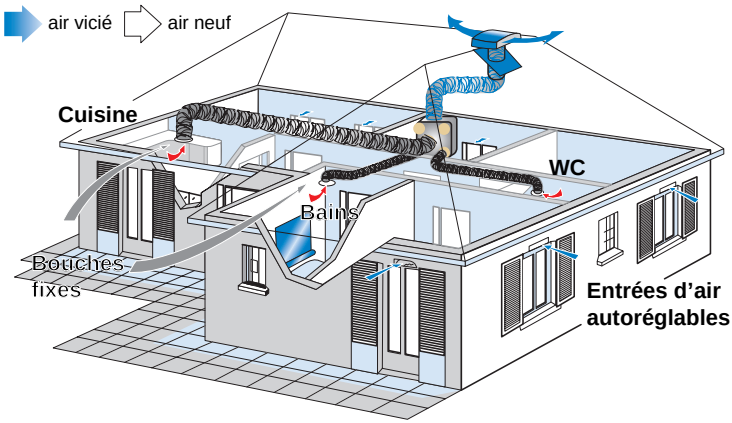
Les VMC

La ventilation mécanique contrôlée (VMC) est devenue le complément indispensable d'une bonne isolation et d'un chauffage performant.

Elle assure à la fois la maîtrise de l'humidité et du renouvellement d'air de votre logement, tout en limitant fortement la déperdition de thermies pour les modèles à double flux.

Il y a lieu de distinguer les systèmes centralisés de ceux qui traitent indépendamment les pièces humides (cuisine, salle d'eau, WC).

Ces derniers présentent l'avantage d'un faible coût d'installation et la simplicité de leur entretien, puisque vous n'avez pas à réaliser tout un circuit de gaines, mais ils ne permettent pas la récupération des thermies (VMC double flux).



La ventilation mécanique contrôlée

L'extracteur de cuisine

Le premier extracteur à être installé dans les logements était souvent couplé à la hotte de la table de cuisson et servait à évacuer les odeurs à l'extérieur.

À clapet manuel, puis électrique et à temporisation, plusieurs modèles sont encore disponibles et intégrés à ces nouvelles pièces à vivre que sont devenues les cuisines.

La VMC simple flux

C'est le système le plus simple, employé le plus souvent dans l'habitat individuel : des entrées d'air sont placées dans les pièces à vivre (chambres, salon, etc.) généralement au niveau des fenêtres. Les bouches d'extraction de l'air sont placées au niveau des pièces humides (salle de bains, cuisine, buanderie) et reliées à un groupe d'extraction motorisé.

Grâce à une mise en légère dépression du volume du logement, l'air extérieur est aspiré tout d'abord vers les pièces sèches puis circule vers les pièces humides (dont il prélève une partie d'humidité) avant d'être expulsé par les bouches d'extraction.

> **Note**
>
> **Pour que le passage de l'air puisse se faire même portes fermées, il faut lui laisser la possibilité de circuler entre les pièces en ménageant un passage de 1 cm sous les portes intérieures (détalonnage).**

Ce type de VMC possède généralement un interrupteur pour basculer d'un débit nominal (moteur en petite vitesse) vers un débit forcé (grande vitesse) pour évacuer une forte production de vapeur d'eau (douche ou bain par exemple).

Inconvénient

Cette aération permanente non régulée ne tient pas compte des variations d'humidité et de chaleur : le même flux d'air extérieur traverse la maison, qu'elle soit très humide ou au contraire sèche, que l'air extérieur soit à 0° ou à 35° ; la VMC simple flux va donc refroidir la maison en hiver et la réchauffer en été !

Exemple : pour une maison de 5 pièces, avec ce type de VMC ayant un débit constant de 105 m^3/h, une température extérieure moyenne de 6° sur la période de chauffe (soit 5 mois et demi) et en maintenant une température intérieure moyenne de 18,5 °C... soit le brassage de 415 800 m^3 dont on aura dû élever la température de 12,5 °C.

L'énergie calorifique perdue sera de 1 800 kWh, à laquelle il faudra ajouter 200 kWh pour l'énergie électrique du moteur de la VMC, soit 2 000 kWh/ an.

Prix d'achat : à partir de 60 €.

La VMC hygroréglable

Le principe est de réguler le débit de l'air en fonction du degré d'humidité de l'air.

Caisson hygrovariable

Cette variante de la VMC simple flux possède en plus une automatisation par capteur d'humidité du basculement entre petite vitesse et grande vitesse. Le débit minimum reste cependant le débit nominal.

Bouches hygroréglables (passives ou motorisées)

Autre variante de la VMC simple flux ; les bouches d'extraction modulent le débit de ventilation en fonction de l'hygrométrie. Le

débit d'air varie en fonction des besoins réels, d'où des économies de chauffage...

Contrairement au caisson hygrovariable qui fait dépendre le plus souvent la ventilation de la mesure d'un seul capteur d'humidité, les bouches hygrovariables permettent d'individualiser les besoins pour chaque pièce humides (cuisine, plusieurs salles de bains...).

La VMC double flux

Son principe est de réchauffer l'air neuf introduit dans le logement en récupérant environ 2/3 de la chaleur de l'air évacué. L'économie sur les pertes d'énergie est donc de 60 %.

Par exemple, si l'air du logement est aux environs de 25 °C, et que la température extérieure est aux alentours de 0 °C, l'air insufflé est à 15 °C, au lieu d'être à 0 °C : le calcul est vite fait !

Installation

Le dispositif aspire l'air chaud des pièces techniques en priorité : cuisine, WC, salles de bains, et le rejette à l'extérieur après être passé à travers un échangeur de chaleur dans lequel on fait circuler en sens inverse de l'air neuf et froid aspiré de l'extérieur.

Cet air réchauffé dans l'échangeur est insufflé dans les pièces de confort, séjour et chambres.

Mais ce dispositif nécessite une isolation des gaines et une évacuation des condensats (liaison du caisson au réseau d'eaux usées) et son entretien est contraignant. Pour ces raisons, la VMC double flux équipe assez peu de maisons individuelles

Prix : à partir de 900 € TTC sans installation.

Kit pour VMC double flux

Conclusion

La VMC double flux est très performante du point de vue des économies d'énergie, mais elle est chère (compter au moins 10 ans pour la rentabiliser, ce qui est sa durée de vie moyenne) et son entretien est plus lourd.

Même avec un caisson de VMC simple flux ordinaire, il est donc possible de faire de réelles économies, surtout en l'optimisant avec quelques solutions disponibles...

Améliorations possibles

Pilotage par hygrostat

Dès que l'humidité passe en dessous du seuil établi, la VMC s'arrête totalement.

En été la VMC reste arrêtée la plupart du temps, ce qui évite le réchauffement inutile de la maison.

Coût : de 45 à 50 €.

Un modèle avec contact indépendant facilite le câblage.

L'interrupteur temporisé

Sur les ventilations bi-vitesses, on bascule la VMC de petite vitesse à grande vitesse grâce à un simple interrupteur que l'on hésite à utiliser de peur de l'oublier.

Avec un interrupteur temporisé, la ventilation repasse automatiquement en mode petite vitesse au bout de 30 minutes.

Les petites VMC couplées

Installées dans les salles d'eau et les WC, ces extracteurs se mettent en route à l'allumage de la lumière (par exemple) dans la pièce et sont réglées pour s'arrêter automatiquement quelques minutes après que votre sortie de la pièce.

On peut d'ailleurs coupler le départ de ces appareils avec un petit détecteur de présence, pour ne plus être tributaire d'un interrupteur manuel !

Des alliés de poids : la véranda, le puits canadien, le toit...

La véranda

Vous disposez d'une véranda ? Préchauffez l'air extérieur en installant les entrées d'air au niveau de la véranda.

Le puits canadien

Vous pouvez supprimer les bouches d'entrées d'air de votre pièce principale et les remplacer par l'arrivée d'air du puits canadien. Le système préchauffera l'air extérieur et servira également à rafraîchir la maison l'été. Pour plus de renseignements sur le puits canadien, vous pouvez vous reporter à l'ouvrage de Paul de Haut,

25 moyens pour économiser son argent et son environnement, chez le même éditeur.

Exemple d'arrivée double de puits canadien

Le toit

Le toit de votre maison est un formidable capteur solaire et encore plus s'il est recouvert d'ardoises !

En prélevant l'air au point le plus haut en sous-toiture, vous aurez un air qui pourra même être très chaud.

Prévoir cependant de ne pas utiliser cette source d'air en été, ce serait la canicule intérieure assurée !

Les entrées d'air hygroréglables

Comme pour les bouches d'extraction, il existe des bouches d'entrée d'air hygroréglables (placées également sur les fenêtres), qui freinent l'entrée d'air si celui extérieur est particulièrement humide.

Conseils

Évitez l'utilisation d'isolants imperméables à la vapeur d'eau tels que les polystyrènes expansés et extrudés, les polyuréthanes...

Choisissez des peintures microporeuses. Si vous souhaitez des peintures à relief applicables ou à enduit, vérifiez bien qu'ils sont également microporeux (la plupart des peintures et enduits qui s'affichent « microporeux » ne le sont pas). Les produits basés sur des liants acryliques et glycérophtaliques ne le sont pas non plus !

Pensez à les remplacer par des peintures 100 % naturelles, aujourd'hui à des prix inférieurs aux peintures synthétiques de la grande distribution.

Aérez votre maison chaque jour.

N'obstruez pas les bouches de VMC ou les entrées d'air (généralement placées sur les fenêtres) si vous n'êtes pas équipé d'un puits canadien.

Entretien

À la longue, une VMC s'encrasse et devient moins efficace, plus bruyante.

Elle peut même contaminer l'air qu'elle introduit dans la maison (VMC double-flux).

Pour éviter ces dysfonctionnements et assurer la longévité de son installation, il faut nettoyer ses éléments régulièrement et surveiller leur état.

Vous pouvez réaliser certaines de ces opérations. Confiez les autres à une entreprise spécialisée.

- **Nettoyer une fois par trimestre** les bouches d'extraction des pièces de service : démontez-les soigneusement, lavez-les à l'eau chaude savonneuse, rincez-les avant remontage.

- **Nettoyer une fois par an** les filtres d'insufflation et d'extraction d'une VMC double flux.
- **Dépoussiérer ou laver régulièrement** les entrées d'air (sans mouiller les parties fixes des entrées d'air hygroréglables, ce qui nuirait à leur bon fonctionnement !).

Réglementation

Un débit minimum est imposé par les arrêtés du 24/03/1982 et du 28/10/1983.

Les débits d'air réglementaires à atteindre

Nombre de pièces principales du logement	DEBITS EXTRAITS en m^3/h				
	Cuisine	Salle de bains ou de douches commune ou non avec WC	Autre salle d'eau	WC	
				Unique	Multiple
1	75	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	30	15
5 et plus	135	30	15	30	15

Article 1er (extrait)

L'aération doit être générale et permanente.

La circulation d'air doit pouvoir se faire par des entrées d'air dans les pièces principales et sorties d'air dans les pièces de services.

Débits minimum dans un logement

	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
Débit total minimal en m^3/h	35	60	75	90	102	120	135
Débit total minimal en cuisine en m^3/h	20	30	45	45	45	45	45

VMC hygrorégulée

Un arrêté de 1983, complétant la réglementation de 1982, autorise à diminuer ces valeurs par des systèmes asservis (par exemple l'hygro). Ces systèmes doivent faire l'objet d'avis techniques. En tout état de cause, le débit total extrait est au moins égal à la valeur donnée par le tableau ci-après :

	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
Débit total minimal en m^3/h	10	10	15	20	25	30	35

11

Les menuiseries

Les portes mais surtout les fenêtres sont les principaux dissipateurs de chaleur vers l'extérieur.

Cela est dû :

- à la bonne conductivité du verre ;
- aux fuites d'air tout autour du châssis.

La partie vitrage

La **conductivité** d'une vitre de 4 mm d'épaisseur est de 1/0,004 = 250. C'est-à-dire que 1 m^2 de vitre dissipe autant de chaleur que 125 m^2 de mur en parpaings de 20 cm, sans isolation.

Cette même vitre ne protège donc que des courants d'air et du vent.

C'est ainsi que dans les pays nordiques on a inventé la double fenêtre depuis plus d'un siècle !

Cette double fenêtre a ensuite évolué vers le double vitrage.

Le principe consiste à enfermer de l'air (le meilleur isolant après le vide) ou un gaz sec entre deux vitrages.

Pourquoi ne pas y faire le vide puisque le pouvoir d'isolation serait encore meilleur ?

Parce que, sous l'effet de la pression atmosphérique, les deux vitres imploseraient l'une contre l'autre !

C'est donc l'espace entre les 2 vitres qui donne la qualité d'isolation d'un double vitrage.

On peut ainsi calculer que, pour des lames d'air de 8 et 16 mm :

- si e = 8 mm, la conductivité $g = \lambda_{air}/e = 0{,}025/0{,}008$ soit 8,33.
- si e = 16 mm, g = 1,56, c'est-à-dire plus de 5 fois plus isolante !

On peut remplacer l'air (ou l'azote) du double vitrage par de l'argon, gaz rare qui se trouve dans l'atmosphère, qui présente l'avantage d'avoir un λ plus petit.

On obtient alors (pour e = 16 mm) $g = 0{,}020/0{,}016$ soit = 1,25

Mais le coût de ces vitrages est beaucoup plus important, et les risques de fuite existent, vous faisant acheter du « double vitrage argon » pour finalement vous retrouver avec le temps en « double vitrage air » !

La condensation

Lorsque l'air chaud et humide de la cuisine, de la douche, du bain ou de la respiration entre en contact avec une surface froide, il se refroidit et la vapeur qu'il contient se condense en fines gouttelettes d'eau, car la température de l'air est passée en dessous de son point de rosée.

Le double vitrage évite cette condensation.

La partie châssis

La deuxième cause de déperdition des fenêtres est la fuite d'air entre le châssis fixe et les battants mobiles, fuite qui dépend aussi de la pression du vent.

Les fenêtres actuelles sont bien étudiées, possèdent des joints d'étanchéité, des rainures d'amortissement et d'emprisonnement de l'air pour isoler en brisant, expansant, étanchant.

On brise la force du vent, on ménage un volume pour permettre à la pression de décroître et on installe un joint qui assure l'étanchéité.

À savoir

La qualité des menuiseries extérieures est donc primordiale pour le confort et le bilan thermique de votre logement (absence de sensation de paroi froide, économies d'énergie).

Quelques réflexions

Les vitrages et menuiseries extérieures sont de 3 à 7 fois moins isolantes thermiquement qu'un mur plein ! (un mur de parpaings de 20 cm recouvert de 10 cm de polystyrène a une conductivité de 0,33, et 1 m^2 d'un excellent double vitrage a la même déperdition que 4 m^2 de mur isolé.) C'est-à-dire que si vous avez de grandes baies vitrées qui couvrent les 3/4 de votre façade, ce n'est plus la peine d'isoler vos murs !

Si on supprime les grandes fenêtres, quand le ciel est couvert, cela oblige à éclairer artificiellement !

Pour les fenêtres et portes-fenêtres ouvrant à la française, le PVC et le bois ont un bon rapport performance/prix (la production et le recyclage du PVC posant tout de même un problème écolo-

gique). Les menuiseries bois avec parement aluminium peuvent être une solution.

Une maison avec une baie vitrée orientée sud permettra une économie de chauffage de plus de 30 % par rapport à une maison conçue sans souci d'orientation. Le surcoût d'achat par rapport à une porte-fenêtre est vite amorti.

Les vitrages risquent d'entraîner des surchauffes l'été : le soleil chauffe le carrelage ou le marbre, la terrasse réfléchit les rayons infrarouges vers le plafond et votre intérieur devient un four. La nuit, la chaleur accumulée est restituée dans la maison et il fait chaud partout.

Attention aux réglementations (au niveau du lotissement, du POS ou des Bâtiments de France si vous êtes à proximité d'un monument historique). Le choix des matériaux pourra être limité.

Il n'y a donc pas de solution idéale. Stores roulants pour l'été, verrières pour l'hiver, pas de terrasse sur la façade sud, surtout dans les régions chaudes…

Importance de l'orientation

Une baie vitrée de 2,15 × 2,40 m haut de gamme placée au sud peut économiser 1 000 kWh de chauffage par rapport à une baie ordinaire de même taille placée au nord.

Il est intéressant de comparer :

- l'énergie calorifique apportée selon le type de vitrage ;
- les déperditions thermiques de ces vitrages ;
- la variation de ces paramètres selon l'orientation.

Étude sur le bilan thermique des vitrages durant la saison de chauffage (d'octobre à mai) effectuée par le cabinet Sidler à Chambéry.

Gain ou perte du vitrage en kWh/ m²	Sud	Sud-Est/ Sud-Ouest	Est/Ouest	Nord
double vitrage peu émissif + lame d'argon	+ 148	+ 104	+ 26	– 29
double vitrage peu émissif	+ 121	+ 76	– 1	– 56
double vitrage ordinaire	+ 41	– 7	– 94	– 120

Cet autre tableau plus précis compare le bilan annuel d'un mètre carré de vitrage en fonction de l'orientation.

Type de vitrage	K en W/m².°C	Sud	SE/ SO	E/O	Nord
Double vitrage peu émissif + volets	1,5	125	114	62	– 4
Double vitrage peu émissif	1,8	107	96	45	– 21
Double vitrage + volets	2,25	81	70	19	– 47
Double vitrage	2,95	41	30	– 22	– 87
Simple vitrage	4,95	– 75	– 86	– 137	– 203

Valeurs en kWh mesurées avec des fenêtres équipées de menuiseries en bois (RCL = 0,7) en Ile-de-France. Les masques sont supposés nuls (source : Guide du CLER 12/99).

Émissivité

Les vitrages absorbent plus ou moins l'énergie qu'ils reçoivent et en restituent une partie ; cela est d'autant moins prononcé que l'émissivité est faible.

L'émissivité dépend :

- du type de matériau ;
- de la température ;
- de l'état de surface (lisse, rugueux, réfléchissant…) ;
- de l'angle de mesure (pas de problème entre 45° et 50°) ;
- de la longueur d'onde (différente entre SW et LW).

(Il existe des tables définissant tous ces paramètres.)

Le double vitrage anti-émissivité comporte en face intérieure un revêtement spécial piégeant les rayonnements infrarouges à l'intérieur de la pièce.

Un double vitrage peu émissif sera donc plus isolant tant en thermies entrantes que sortantes !

En savoir plus

Les VIR (Vitrages à isolation renforcée) sont installés depuis au moins 20 ans dans de nombreux pays, mais ils sont encore très peu utilisés en France ; pourtant leur surcoût est amorti en deux ans environ.

Plus performants que les double vitrages classiques (trois fois moins de déperditions) ils sont constitués :

– d'une couche métallique ultra fine déposée sur la vitre intérieure qui renvoie la quasi totalité du rayonnement basse température (infrarouge) émis par l'intérieur du local chauffé et renforce l'effet de serre créé par la vitre.
– d'un gaz lourd (argon ou krypton) dans l'espace entre les deux vitres (un double vitrage classique contient généralement de l'air sec). Par son inertie, ce gaz freine les mouvements de thermo-convection et limite les déperditions.

Les dépôts peu émissifs sont réalisés selon deux procédés :

– à couche dure (ou pyrolytique)
– à couche tendre (ou magnétron)

Unités de mesure utilisées

Uw : isolation de la fenêtre complète (vitrage + ouvrant + dormant)

Ug (autrefois K) : coefficient d'isolation du vitrage seul.

Le coefficient d'isolation Ug diminue à mesure que l'isolation thermique des fenêtres augmente.

Choix des fenêtres

Valeurs d'isolation recommandées :

- menuiseries avec label Acotherm, avec étiquetage **"Th 8"** ou **"Th 9"** ;
- coefficient **Uw** de valeur **inférieure ou égale à 1,6**.

Attention

Les menuiseries aluminium sont souvent en dessous de ces coefficients d'isolation (Uw entre 3 et 5 pour ce type de menuiseries).

Types de vitrages

Comparatif des principaux types de vitrages par rapport au double vitrage standard.

Type	Description	Coefficient Ug en W/m² °C
double vitrage standard	4/12/4 ou 4/16/4 (composé de 2 verres de 4 mm séparés par une lame d'air de 12 ou 16 mm). Pertes de chaleur réduites de 40 %. par rapport à un simple vitrage.	2,85
double vitrage faiblement émissif	Comporte en face intérieure un revêtement spécial piégeant les rayonnements infrarouges. Pertes de chaleur réduites de 30 %. par rapport à un double vitrage standard.	1,9 à 1,7
double vitrage faiblement émissif à lame argon	Même technologie, mais la lame d'air est remplacée par une lame d'argon, qui améliore encore les performances d'isolation thermique.	1,5 à 1,3
double vitrage phonique	Ce vitrage, d'épaisseur 4/8/10, présente un meilleur pouvoir d'isolation phonique que le double vitrage standard mais son pouvoir isolant est légèrement moins bon.	> 2,85

Il existe aussi des doubles vitrages anti-effraction présentant les mêmes caractéristiques d'isolation mais évitant l'usage de volets ou de grilles extérieures de protection (existe uniquement en

châssis fixe.) Ce vitrage 44.2/8/4 se brise plus difficilement que les vitrages standards.

L'étanchéité Air/Eau/Vent

Les menuiseries extérieures sont classées selon leur performance AEV :

A* – Caractérisation de la perméabilité à l'air (débit d'air traversant la menuiserie selon la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur)

E* – Caractérisation de l'étanchéité à la pluie battante

V* – Caractérisation de la résistance au vent (rigidité et tenue aux sollicitations dynamiques du vent)

Autres menuiseries extérieures

Les portes, volets, et portes de garage sont aussi des points de fuite des thermies.

Il convient donc de les choisir avec soin.

Volets

Outre leurs qualités isolantes propres et leur côté esthétique, les volets permettent, en emprisonnant une couche d'air importante entre vos fenêtres et l'extérieur, d'éviter la fuite d'une partie des calories…

Cette diminution des pertes par convection des vitres, surtout lorsqu'il y a du vent, permet de gagner un bon degré.

Volets battants

Ils conviennent bien à une maison traditionnelle, sont bon marché mais nécessitent un entretien à répéter tous les 3 ans

environ, ce qui représente un certain coût en temps et en produits pas toujours écologiques !

Si vous optez pour des volets bois, soyez cohérents en choisissant aussi des fenêtres bois ou mixtes bois/alu !

À noter

Les volets battants sont peu compatibles avec une isolation par l'extérieur, à cause du porte-à-faux des gonds dont le scellement se situe derrière l'isolant.

Volets roulants

Dans le cas d'une maison contemporaine, ou pour privilégier le côté pratique, choisissez plutôt les volets roulants, qui présentent aussi l'avantage d'être motorisables et programmables.

L'aluminium est incontournable dans le cas des volets de grande largeur (2 m ou plus). Le PVC peut toutefois convenir d'un point de vue mécanique pour des volets de petites dimensions (moins de 2 m de large).

Le **coffrage** : il existe des modèles qui peuvent être complètement encastrés dans des murs en maçonnerie et des modèles en saillie (apparents du côté intérieur de la maison). Comme ces derniers sont moins chers, ils sont généralement proposés par défaut.

À noter

Les volets ne sont pas obligatoires dans le cas de vitrages performants et dès lors qu'ils sont anti-effraction.

Seuls les coffres en saillie peuvent être montés dans les maisons à ossature bois.

Porte d'entrée

À la fois esthétique et garante de votre sécurité contre les effractions, la porte d'entrée a évolué aujourd'hui pour être elle aussi isolante !

La gamme de prix va de 400 € pour une porte bois « légère » à plus de 3 000 € pour une porte aluminium très isolée et menuisée avec une serrure 5 points. C'est donc un poste budgétaire non négligeable.

Le bois reste le matériau le plus noble et le plus écologique.

Cependant, pour les portes très exposées (ouest), l'acier et l'aluminium représentent une alternative de plus en plus courante.

Même remarque que pour les fenêtres en ce qui concerne les modèles en PVC.

Porte de garage

Compte tenu de sa surface, et même si la porte de garage ouvre sur le garage, ce dernier est souvent utilisé aussi comme buanderie ou atelier.

Dans ce cas, il est logiquement important de choisir une porte isolante et/ou au moins étanche à l'air et à l'eau !

Les portes basculantes

Débordantes ou non, elles sont à cet égard un mauvais choix pour les premiers prix (à partir de 160 €).

Certains modèles haut de gamme sont au contraire les plus performants en termes d'isolation et d'étanchéité, tout en étant motorisables…

Porte de garage basculante (en bois 22 mm et isolation avec portillon intégré)

Les portes sectionnelles

Elles sont constituées de panneaux articulés qui coulissent dans des rails et s'effacent sur le plafond du garage. Elles présentent une bonne étanchéité à l'air, et offrent des modèles généralement isolés. Leur manipulation est plutôt facile car elles sont motorisables (à partir de 650 €).

La largeur standard des portes de garage est de 2,40 m, mais une porte de 3 m de largeur vous facilitera la vie et ménagera les rétroviseurs de votre voiture.

Certaines portes sectionnelles présentent un portillon intégré permettant de sortir en tant que piéton sans avoir à faire basculer toute la porte.

D'autres modèles possèdent des hublots intégrés pour laisser entrer la lumière naturelle dans le garage.

Là encore, les prix vont de 160 € à plusieurs milliers d'€ !

Pour mémoire, des solutions archaïques subsistent (portes coulissantes latérales, portes ouvrant à la française) mais elles ont tendance à cumuler tous les inconvénients !

Partie 4

Le chauffage

Nous n'aborderons volontairement ici que les solutions de chauffages alternatifs à l'électricité, au fuel et au gaz.

À noter cependant que les pistes offertes par la cogénération et l'exploitation de la biomasse rendront bientôt au gaz (propre) tout son intérêt économique et écologique !

12

Le chauffage au bois

Le bois, un carburant d'avenir !

Suite aux différents chocs pétroliers, le bois revient en force car il est facilement exploitable, compétitif, peu polluant, renouvelable et qu'en France nous n'en manquons pas même si les forêts sont inégalement réparties sur son territoire.

Tubage inox

Tous les appareils de chauffage fonctionnant au bois doivent être raccordés à un conduit tubé inox.

Seule la qualité du tuyau d'évacuation des fumées permettra un fonctionnement sûr évitant les risques de feux de cheminée.

En effet, le chauffage au bois produit un certain nombre de goudrons, de la vapeur d'eau et d'autres substances contenues dans la fumée, qui se déposent, s'incrustent et rongent les conduits traditionnels.

De plus, les chauffages au bois actuels concentrent la chaleur par rapport aux anciennes cheminées et les dilatations/rétractations consécutives à ces surchauffes viennent vite à bout des autres types de conduits.

Existe en souple ou en rigide, en diamètre 125 mm ou 180 mm pour les usages domestiques.

Prix : environ 15 € le mètre linéaire.

Ramonage

L'utilisation des cheminées est soumise à des obligations strictes d'entretien, et notamment de ramonage. Celui qui ne s'y conforme pas risque une contravention et/ou la déchéance de sa garantie incendie !

Tous les types de conduits de fumée desservant une installation individuelle de chauffage doivent être régulièrement entretenus, quelle que soit l'énergie utilisée, à l'exception du tout électrique.

Réglementation locale

Il s'agit d'une réglementation locale, car c'est le maire, ou le préfet, qui réglemente, par arrêté, la périodicité du ramonage. Le minimum imposé par le règlement sanitaire départemental type est, en principe, de 2 ramonages par an pour les conduits en fonctionnement. Cette obligation vise tous les conduits, y compris ceux par lesquels s'évacuent les fumées liées à un chauffage au gaz, au fioul ou au charbon.

Certificat de ramonage

Le ramonage doit être confié à un professionnel qualifié qui a mission de vérifier le bon état du conduit jusqu'à l'ouverture sur l'extérieur. Pour en justifier, il doit remettre un certificat de ramonage.

Le défaut de ramonage constitue une contravention sanctionnée par une amende de troisième classe. Si la négligence entraîne un incendie grave, la sanction peut être bien plus lourde.

En copropriété

Le règlement de copropriété peut interdire tout feu de cheminée dans les parties privatives. Concernant les conduits desservant une installation collective de chauffage, le ramonage doit être réalisé aussi souvent que nécessaire et au moins deux fois par an. C'est en général le syndic qui se charge de le faire effectuer.

Obligation locative

Le bailleur peut interdire à son locataire l'usage de la cheminée dans une clause du contrat de location. Mais, dès lors qu'il en autorise l'usage, il doit s'assurer du bon état de propreté des conduits à chaque changement de locataire.

De son côté, le locataire doit assurer le ramonage qui, faisant partie des charges locatives, reste à sa charge (décret 87-712 du 26 août 1987, ann. VI, JO du 30 août 1987). La plupart des baux mettent, par ailleurs, à la charge du locataire l'entretien des chaudières.

L'assurance incendie

Les dommages causés par le feu sont couverts par la garantie incendie comprise dans les contrats multirisque habitation. En cas de sinistre, la plupart des contrats ne prive pas automatiquement d'indemnisation l'assuré qui a négligé de faire ramoner les conduits de fumée mais excluent, toutefois, de la garantie les dommages résultant d'un incendie dû à un défaut d'entretien. À l'assureur alors de prouver que le dommage a pour origine ce manque d'entretien.

Les boisseaux de cheminée doivent être estampillés de la marque NF ou d'un avis technique du CTB, sous peine de déchéance de la garantie de la police d'assurance.

Les foyers fermés et inserts utilisant des combustibles solides doivent être installés en respectant les règles de l'art (décret 93-1185 du 22 octobre 1993).

Production de plaquettes de bois de chauffage

Des engins ont été mis au point et sont maintenant en exploitation (Unisylvia, Boisénergie, Coopérative Forestière de Bourgogne – Limousin...) pour fabriquer en une seule opération des plaquettes de bois de chauffage.

Ces espèces de tracteurs spéciaux déchiquettent des arbres entiers (tronc, grumes et branches sans distinction) pour donner au final des morceaux de bois normalisés de quelques centimètres de côté et d'un centimètre d'épaisseur, pouvant alimenter des chaudières à bois automatisées, aussi bien pour les particuliers que pour les collectivités ou centrales électriques...

Ces plaquettes reviennent entre 2 et 3 fois moins cher, à rendement équivalent, que les énergies fossiles, tout en produisant lors de leur combustion une quantité de CO_2 équivalente à celle absorbée lors de la croissance des arbres transformés.

4 m^3 de bois permettent donc d'économiser 1 tonne de pétrole tout en évitant l'émission de 2,5 tonnes de CO_2 dans l'atmosphère !

Chauffage automatique au bois

De plus en plus d'entreprises, ateliers ou équipements publics (menuiseries, collèges, ateliers…) commencent à s'y intéresser.

Soit ils sont simples utilisateurs de ce combustible, soit ils le produisent en valorisant ou recyclant des déchets ou des coupes de bois.

À titre d'exemple, les menuiseries du Centre en Auvergne ont installé depuis 1980 une centrale thermoélectrique qui, en brûlant les déchets de bois (copeaux, sciures, fines de ponçage…) fournit 20 % des besoins en électricité de l'entreprise, ainsi qu'une grande partie de la chaleur nécessaire au chauffage des locaux, au séchage des bois et à la presse mécanique.

Les chaudières à granulés bois télécommandables, du fait de la complexité de l'installation (décendrage, trémie, vis sans fin, stockage…) et de l'approvisionnement, restent marginales et sont plutôt réservées aux collectivités, aux entreprises ou aux agriculteurs.

La réglementation en vigueur

(source : ADEME et textes législatifs)

La majorité des déchets de bois sont des déchets non dangereux.

La réglementation spécifie que le déchet de bois est dangereux lorsqu'il a été souillé par une matière dangereuse (exemple : l'ajout d'un produit de préservation en profondeur du bois car ces produits contiennent des sels métalliques).

En pratique, les bois traités CCA sont classés comme des déchets dangereux, de même que les traverses de bois créosotées.

De même, la sciure souillée par des produits comme les huiles, les graisses, les peintures est considérée comme un déchet dangereux et doit être éliminée conformément à la législation associée.

Par contre, un élément bois recouvert d'une peinture ou d'un vernis (armoires, charpentes…) n'est pas considéré comme un déchet dangereux. Il entre dans la catégorie des déchets industriels banals.

Un carburant au prix compétitif

Coût

Dans les régions boisées, le stère de bois en 2006 coûtait de 35 à 40 €, coupé et livré en 50 cm.

Ce prix en légère hausse est essentiellement dû à l'augmentation du prix du transport et de l'essence servant aux tronçonneuses d'abattage.

Sachez qu'un bois propre à l'utilisation chauffage doit avoir séché au minimum pendant 18 mois pour avoir le meilleur rendement et ne pas trop goudronner les conduits d'évacuation.

L'installation (pose et accessoires compris) d'un chauffage au bois coûte environ 5 000 € pour une cheminée à foyer fermé et entre 350 et 2 500 € pour un poêle, selon le modèle, le design, la puissance et la marque.

Les aides financières

La loi fiscale 2006 reconduit des avantages fiscaux pour l'installation de chauffage au bois (poêles, foyers fermés, inserts ou même cuisinières mixtes) :

- 50 % de crédit d'impôt sur le prix des équipements et matériaux hors main d'œuvre ;
- production obligatoire aux services fiscaux d'une facture portant mention des caractéristiques définies par l'arrêté ministériel.

De même, les collectivités peuvent profiter d'aides spécifiques pour équiper leurs bâtiments de chaufferies au bois.

À titre d'exemple, en Bourgogne, ce ne sont pas moins de 55 MW pour les industries et 26,5 MW pour le chauffage domestique (chiffres 2005) qui sont ainsi produits à partir du bois, en économisant ainsi 15 000 tonnes d'équivalent pétrole...

Dans l'Aisne, sur une zone où il y a beaucoup de haies à entretenir, les agriculteurs utilisent le bois déchiqueté pour se chauffer au lieu d'enfouir les coupes.

Les poêles à bois

Nul besoin de présenter encore ces classiques du chauffage à bois !

Esthétiques, le plus souvent en fonte, quelquefois emmaillés, de nombreux modèles sont proposés par les fabricants.

Ils se raccordent à un tubage de 125 (180 pour les inserts) et acceptent des bûches de 33 cm à 50 cm maximum.

Les puissances de chauffe s'échelonnent de 4 à 8 kW (donné pour le chauffage d'un volume de 80 à 150 m^3)

Poids : de 60 à 200 kg,

Prix : de 300 € à 2 000 €

À noter que certains modèles existent aussi en fonctionnement au gaz.

Exemple de poêle à bois

Les inserts et foyers fermés

Présentation

Insert modifié

Il en existe de multiples modèles, et leur rendement est satisfaisant.

Certains (à serpentin) permettent aussi l'alimentation d'un circuit de radiateurs, mais ils sont plus rares.

La majorité, munis d'un double compartiment, prélèvent, réchauffent puis restituent en partie haute l'air ambiant. Ils sont souvent équipés d'un ou deux petits ventilateurs en façade qui se mettent en action à partir d'une température, réglable ou non. Ils se mettent de toute manière en marche forcée si la température dépasse un seuil de surchauffe, ce qui pourrait mettre en danger l'installation.

Récupération des calories des fumées

Rien n'empêche d'utiliser le système de compartiment décrit dans le paragraphe précédent pour chauffer par convection naturelle les pièces de l'étage traversées par la cheminée.

Importance de la source d'air primaire

D'un côté, les foyers fermés présentent l'avantage d'avoir un rendement très supérieur aux autres systèmes de chauffage à bois ; mais, mal installés, leur fonctionnement peut être une source de refroidissement important de la maison !

Le lecteur doit avoir du mal à comprendre ce paradoxe : « plus je chauffe, plus je refroidis ! »

Démonstration en 5 points !

- pour brûler, le bois à besoin d'un comburant qui est l'air ;
- plus il fait froid, plus vous activez votre feu ;
- plus le feu est actif, plus il aspire l'air de votre logement ;
- la dépression créée pompe l'air très froid de l'extérieur en remplacement de l'air brûlé ;
- cet air refroidit votre logement.

Effets

- une surconsommation de bois ;
- un inconfort important, puisque votre tête peut être dans une couche d'air à 25 °C et vos pieds dans une autre à 10 °C.

Explications

Un bon chauffage est réputé assurer un « delta » (différentiel thermique) d'au moins 20 °C entre la température extérieure et la température intérieure !

La mise en dépression occasionnée par le prélèvement de l'air de combustion à l'intérieur est une hérésie, puisqu'il aboutit à son remplacement par un air beaucoup plus froid et le plus souvent humide.

Or, nous avons vu que l'humidité augmente la sensation de froid !

Cet air froid va se concentrer au niveau du sol par stratification thermique naturelle (l'air chaud étant plus léger), créant un « coulis » particulièrement désagréable au niveau des pieds.

Enfin, plus vous chauffez, plus vous emballerez ce processus car vous augmenterez ce prélèvement d'air à l'extérieur et cet air sera sans doute plus froid !

Solution

Elle est fort simple, puisqu'il s'agit de ne pas mettre votre maison en dépression en prélevant l'air de combustion directement dehors, par une canalisation de 50 mm en PVC par exemple.

Malheureusement, la quasi-majorité des constructeurs de ce type de chauffage au bois n'a pas intégré cette solution, pourtant simple, en prévoyant une bouche d'air primaire normalisée sur leurs modèles (même sur les modèles très haut de gamme qui prévoient pourtant des systèmes sophistiqués de post-combustion, etc. !).

Pour ma part, je l'ai bricolé moi-même, en modifiant la partie inférieure de mon insert (voir photo p. 124) et en bouchant les orifices d'admission en façade ; j'ai également installé une vanne qui sert à régler de façon fine la combustion.

À ma connaissance, aucune étude n'a été faite sur la perte moyenne de calories ainsi engendrée, mais ma consommation en bois a diminué d'environ 30 % pour un confort amélioré !

Les chaudières à bois

Chauffage central au bois

Inutile de s'appesantir sur ce type de chauffage à radiateurs classiques avec circulateur, où l'on substitue une chaudière à bois à une chaudière à gaz ou électrique.

Un simple serpentin sur la sole sert d'échangeur thermique entre les braises et l'eau du circuit de chauffage.

Le modèle ci-dessous présente l'avantage de pouvoir accepter des bûches d'un mètre de long.

Chaudière à bois

Les autres chaudières écologiques

Les chauffages aux céréales

Chauffage par chaudière à avoine/blé ou orge

Souple d'utilisation, la chaudière à céréales offre les mêmes possibilités qu'une chaudière au fioul : régulation de température, thermostat…

Le combustible est stocké dans un silo attenant à la chaudière et une vis sans fin approvisionne le foyer.

Granulés de bois, céréales, bois déchiqueté ou tourteau de colza peuvent servir de combustible (nous écartons le choix du maïs, compte tenu de sa grande consommation en eau d'irrigation).

Avec un silo de 600 litres, l'autonomie est de 6 à 7 jours.

Il existe maintenant des modèles à chauffage central multi-céréales d'une puissance dégagée de 35 kW.

Installation

Le système comporte un corps de chauffe avec, à sa base, une soufflerie pour oxygéner l'air de combustion.

Les céréales arrivent automatiquement dans le foyer par une vis sans fin et, comble du confort, les cendres sont propulsées automatiquement dans des sacs !

Le tout est muni d'un thermostat pour réguler la combustion et une sonde de sécurité incendie complète le dispositif pour éviter toute surchauffe.

L'odeur dégagée est plutôt agréable (odeur de pain grillé pour le blé et de café pour l'orge).

Contraintes

L'allumage automatique des chaudières à céréales est assez difficile ; il vaut donc mieux garder la chaudière en veilleuse que de l'éteindre.

Prévoir un tubage de cheminée en plastique car la température des fumées étant relativement faible, les fumées ont tendance à condenser et abîment les tubages en inox.

Consacrer cinq minutes tous les quatre à cinq jours pour décendrer et remplir le silo de la chaudière.

Coût

Une chaudière à céréales revient de 9 000 à 11 000 €, desquels il faut déduire 40 % de crédit d'impôt sur le montant TTC.

Son surcoût par rapport à son équivalent au fuel est donc de l'ordre de 2 000 à 3 000 €, mais cet écart va sans doute très vite se réduire avec la production en série !

Selon les cas, ce surcoût s'amortit sur une période de un à cinq ans grâce aux économies importantes sur le « carburant » (jusqu'à trois fois et demi moins cher que le fioul).

Le coût de l'avoine de chauffage est d'environ 80 €/tonne ; le coût du blé est de 108 €/tonne.

Exemple

Beaucoup d'agriculteurs, directement producteurs de céréales, se tournent actuellement vers ce type d'équipement.

Un agriculteur installé dans l'Oise déclare utiliser 10 tonnes de blé pour chauffer 1 000 m^3, avec une chaudière d'une puissance de 40 kW (coût approximatif : 9 000 €) et d'un silo de 600 litres (représentant une autonomie de 4 à 5 jours)!

Un débouché pour les agriculteurs

La généralisation de ce type de chaudière, favorisée par l'autorisation de la vente de céréales comme combustible, serait une vraie bouffée d'oxygène pour les agriculteurs et pour notre environnement :

- utilisation des surplus agricoles pour éviter le dumping actuel sur les marchés mondiaux au détriment des pays en voie de développement ;

- utilisation des grains abîmés ou impropres à la consommation alimentaire (moyen de valoriser des céréales qui ne valent plus rien sur le marché pour des raisons de qualité) ;
- utilisation des jachères, générant un revenu correct et une moindre utilisation des subventions, tout en maintenant des emplois en milieu rural ;
- disposition de combustible à la porte de chez soi, sans transport coûteux et polluant ;
- une énergie renouvelable, sans surplus de production de CO2 ;
- céréales de chauffe nécessitants moins d'intrants, moins de consommations intermédiaires que pour l'alimentation…

Les chauffages à paille

Exemple

L'entreprise Agro-Énergie a eu l'idée d'utiliser la paille récoltée localement pour produire les calories nécessaires au chauffage du CEA de Valduc (Côte d'Or).

Elle a installé, avec le soutien de la région Bourgogne et de l'ADEME, une chaufferie à paille ainsi que le réseau, et elle exploite les installations.

Ce type d'installation est plus réservé à des professionnels compte tenu des besoins de production et de stockage de la paille, qui, dans ce cas, en font une solution intéressante.

Résultat

- consommation de fuel réduite de 2/3 ;
- 6 390 tonnes par an de CO2 d'origine fossile non rejeté dans l'atmosphère ;
- 29 tonnes par an de soufre en moins dans l'air ;
- 1 emploi créé et 2 autres consolidés !

13

Les pompes à chaleur

La pompe à chaleur (PAC) est un dispositif thermodynamique qui permet de transférer la chaleur d'un environnement froid (et donc le refroidir encore) vers un milieu plus chaud (et donc de le réchauffer), alors que la chaleur se diffuse naturellement du plus chaud vers le plus froid jusqu'à l'égalité des températures.

Le COP (coefficient de performance) de toute pompe à chaleur augmente avec la température de la source froide et diminue avec celle de la source chaude ; il peut atteindre 5 à 7 en été pour de l'eau de piscine (air à 25 °C pour de l'eau à 28 °C).

Les pompes à chaleur existent depuis longtemps et peuvent alimenter divers types de diffuseurs de chauffage : plancher chauffant rafraîchissant, splits et multisplits, chauffage central à eau, système centralisé à air ou ventilo-convecteurs.

On classe les pompes à chaleur selon la source de captage des calories ambiantes.

Un chauffage d'appoint est généralement prévu au moment de l'installation pour fournir un complément à ces dispositifs.

Principe

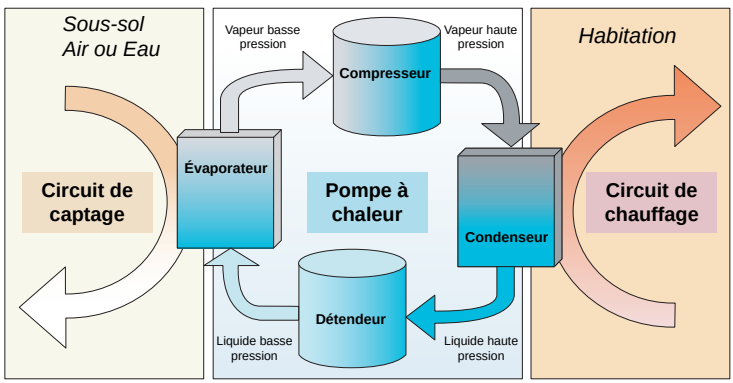
On aspire l'air extérieur d'un côté de la maison, puis on le rejette après avoir prélevé une partie de ses calories.

Ces calories sont alors concentrées et échangées vers le circuit de chauffage.

Il est nécessaire de prévoir un trou d'aspiration de l'air extérieur et un d'expulsion (ces trous peuvent être des regards existants).

Il faut absolument séparer les deux orifices d'admission et d'échappement d'air pour éviter que les deux flux ne se court-circuitent.

1) récupérer les calories diffuses dans l'air, la terre ou l'eau ;
2) les concentrer ;
3) les transmettre et les transporter grâce à un liquide ou un gaz caloporteur ;
4) les restituer à la zone à chauffer au moyen de radiateurs (non générique pour un diffuseur de chaleur).



Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur

Les pompes réversibles sont capables de faire l'inverse : en mode rafraîchissement, elles récupèrent les calories de l'intérieur pour

les diffuser à l'extérieur. Le fluide traverse l'unité intérieure et récupère la chaleur de la pièce. Grâce à cet apport d'énergie, il passe de l'état liquide à l'état gazeux puis largue ses calories à travers l'unité extérieure en retrouvant sa forme liquide. Un ventilateur les disperse alors dans l'air ambiant.

Fonctionnement

Une pompe à chaleur comprend a minima les éléments suivants :

- un **condenseur** permettant au fluide frigorigène de libérer sa chaleur dans l'habitation en passant de l'état gazeux à l'état liquide ;
- un **détendeur**, qui prépare la réaction de vaporisation en abaissant la pression du liquide ;
- un **évaporateur**, qui permet à la chaleur prélevée à la source froide de vaporiser le fluide frigorigène ;
- un **compresseur**, qui, grâce à un moteur électrique, élève la température du fluide frigorigène en le comprimant ;
- un **ventilateur** (dans le cas des systèmes air/air) pour brasser l'air autant à l'extérieur qu'à l'intérieur du local.

Deux technologies sont utilisées :

- Les systèmes à **détente directe**, ou mono-circuit, où le fluide frigorigène passe directement dans le sol chauffant ou les convecteurs. Le circuit de captage joue le rôle d'évaporateur et celui de chauffage assure la condensation.
- Les systèmes à **fluides intermédiaires**, qui utilisent des circuits séparés pour le captage, la pompe à chaleur et le chauffage. Un peu plus coûteux, mais plus performants, notamment pour le rafraîchissement, ils utilisent moins de fluide frigorigène.

Il existe également des systèmes mixtes.

À noter qu'il existe plusieurs types de compresseurs, plus ou moins bruyants, plus ou moins performants et plus ou moins voraces en électricité !

Le compresseur « scroll »

Principe

Ce système de compresseurs rotatifs à spirales non lubrifiées, d'un débit de 9 à 90 m^3/h, est écologique et silencieux grâce à un principe de compression remarquablement simple.

Celui-ci résulte de l'interaction entre une spirale fixe et une spirale mobile.

En décrivant un mouvement orbital autour de la spirale fixe, la spirale mobile repousse progressivement l'air aspiré à la périphérie de la chambre de compression par l'orifice central. Ce mouvement s'effectue de façon continue et sans pulsations.

Récupération de la chaleur dans le sol

La chaleur est prélevée dans le sol à l'aide :

- Soit d'un capteur horizontal composé d'un réseau de tubes enterré dans le sol à faible profondeur (de 0,6 m à 1,2 m). Pour cela, vous devez disposer d'une surface de terrain d'environ 1,5 fois la surface à chauffer, sur laquelle aucune plantation avec des racines profondes ne pourra être réalisée.
- Soit d'un capteur vertical composé de sondes qui peuvent atteindre une profondeur d'environ 100 mètres.

La pompe à chaleur prélève la chaleur dans le sol et la transfère à un niveau de température plus élevée dans le circuit d'eau chaude de l'installation du chauffage.

On l'installe généralement à l'intérieur du logement (cave, buanderie, garage). Très performant, cet appareil peut chauffer l'ensemble d'un logement.

L'installation des sondes verticales est soumise, selon la région, à déclaration ou à autorisation préalables. Pour plus d'informations, adressez-vous à la direction régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) de votre région ou auprès de la préfecture de votre département.

Pompe à chaleur air/air

Cette pompe à chaleur récupérant la chaleur dans l'air extérieur est la plus simple à mettre en œuvre...

Pendant que le moteur consomme 1 kWh d'électricité, il peut fournir entre 3 à 3,5 kWh (pour un COP = 3,5) de chaleur dans votre logement...

C'est-à-dire qu'en moyenne, selon les caractéristiques de votre projet (performances de la pompe à chaleur installée, zone géographique...), la chaleur nécessaire pour chauffer votre habitat provient pour 2/3 de l'environnement et pour 1/3 de l'énergie électrique.

Des télécommandes permettent de contrôler et de réguler la température, de choisir parmi différents modes de ventilation, et de planifier différentes plages horaires en les associant à des températures adaptées !

Installation

Les systèmes vendus au grand public ont une puissance thermique de 15 à 20 kW, ce qui est équivalent à la gamme basse des puissances des chaudières au gaz ou au fioul.

Ils comprennent un groupe extérieur associé à un ou plusieurs éléments intérieurs :

- allège (ressemblant à un radiateur, installé sous les fenêtres de préférence) ;
- console, ou split, installée en hauteur sur les murs et présentant l'avantage de libérer de la place utilisable en bas des murs ;
- cassette (encastrée dans les faux plafonds).

Outre la fixation des appareils sur les parois et le perçage des passages de canalisations, il suffit de :

- raccorder ces éléments au groupe extérieur ;
- vérifier l'étanchéité des circuits ;
- installer les alimentations électriques de chaque composant ;
- installer les évacuations de l'eau de condensation produite en usage rafraîchissement par les éléments intérieurs.

Console basse ouverte air-air

Console haute

Console extérieure air-air

Attention

Ne pas oublier d'isoler soigneusement les canalisations « aller » et « retour » des unités vers le groupe extérieur.

La longueur maximale d'une canalisation ne devra pas excéder 25 m.

La différence de hauteur entre le groupe externe et les unités intérieures ne devra pas dépasser 10 m.

Dans le cas d'un multi-diffuseurs, la différence de niveau entre 2 unités intérieures devra être inférieure à 5 m.

Coût

On trouve actuellement dans les grandes surfaces de bricolage des ensembles complets comprenant une unité externe et 2 splits à partir de 700 €.

Des aides sous forme de subventions et de crédits d'impôts existent pour ce genre d'équipement : se renseigner auprès de l'ADEME.

Entretien

Les opérations d'entretien annuelles, souvent facturées très cher par les installateurs, consistent simplement à nettoyer les ailettes des radiateurs, les filtres, et à vérifier/recharger les circuits en gaz.

Le cas échéant, le remplacement des cartouches des filtres à odeurs sera effectué.

Le confort en plus...

Les pompes air/air permettent d'obtenir une chaleur homogène dans toute la maison, et notamment au niveau des pieds, alors que les systèmes à convection laissent une sensation de froid particulièrement désagréable due à la stratification thermique de l'air.

Comme ils brassent le volume d'air d'une pièce entre 4 à 5 fois par heure, ils présentent l'avantage de rendre la température homogène (si l'air n'est pas brassé, vous pouvez avoir 25 °C au niveau de la tête et à peine 18 °C au niveau des pieds).

Les pompes à chaleur dites « réversibles » ou « inverter » permettent de chauffer ou de rafraîchir votre logement selon le confort souhaité en un seul équipement. Il suffit de modifier le sens de fonctionnement de la pompe à chaleur grâce à une télécommande ou un bouton inverseur.

Ces modèles apportent de la fraîcheur en position climatiseur et sont capables de chauffer une maison correctement isolée très rapidement.

Purification de l'air

Les pompes à chaleur air/air modernes possèdent un préfiltre purificateur lavable et un filtre anti-particules pour un usage intensif !

Cette filtration solide élimine pollens, poussières et acariens, tandis que le filtre anti-particules traite les odeurs de tabac et autres odeurs indésirables !

Déshumidification de l'air

Les pompes à chaleur air/air suppriment l'humidité de l'air et la buée, et donc les moisissures qui vont avec ! (jusqu'à 2,8 litres d'eau par heure)

Coût

À partir de 700 € pour les premiers prix, mais il faut compter entre 2 500 € et 3 500 € pour une installation plus complète de type : 2 consoles inverter + 1 bloc extérieur + 2 télécommandes.

Pompe à chaleur eau/eau

Principe

Récupération de la chaleur dans l'eau.

La chaleur est prélevée dans un puits, une nappe phréatique, un lac ou un cours d'eau.

La pompe à chaleur prélève la chaleur dans l'eau et la transfère à un niveau de température plus élevé dans le circuit d'eau chaude de l'installation du chauffage.

On l'installe généralement à l'intérieur du logement (cave, buanderie, garage).

Très performant, cet appareil peut chauffer l'ensemble du logement.

Ce type de pompe existe aussi en eau/air et géothermie/eau ou géothermie/air. Le principe de fonctionnement reste le même !

Installation

L'installation comporte un vase d'expansion relativement important car il doit être proportionnel au volume d'eau du circuit de chauffage.

Une pompe à chaleur air-eau avec un tampon d'une capacité de 1 500 litres est suffisant pour chauffer une maison de type pavillon.

On peut adjoindre à ce type de pompe un ensemble collecteur solaire de 4 m^2 qui permet de chauffer l'eau sanitaire et d'économiser près de 60 % d'énergie par an.

Dans ce cas, la pompe à chaleur air-eau capte la chaleur de l'air environnant pour chauffer la maison et produire l'eau chaude sanitaire lorsqu'il n'y a pas de soleil.

Régulation

La pompe à chaleur et l'installation solaire sont régulées électroniquement ; c'est simple et fiable.

Système centralisé à air

Reliée à la pompe à chaleur, l'unité située à l'intérieur du logement est placée dans les combles, un faux-plafond ou encore dans un placard.

Cette unité intérieure est raccordée à un réseau de gaines par lesquelles l'air est diffusé dans les pièces.

L'air de votre logement est filtré par l'unité intérieure, puis, selon les saisons, chauffé ou refroidi avant d'être réparti dans vos pièces par les bouches de diffusion.

Un thermostat d'ambiance vous permet de contrôler et d'ajuster comme vous le souhaitez la température de chaque pièce.

Le passage de la fonction « climatisation » à la fonction « chauffage » s'actionne avec un simple bouton inverseur.

Avantages

Double fonction : chauffage/climatisation (système inverter).

Utilisation d'une énergie gratuite et renouvelable.

Assainissement et renouvellement de l'air du logement.

Discrétion : vous disposez de la totalité des murs pour la décoration.

Installation

Prévoir un emplacement pour la pompe à chaleur à l'extérieur du logement.

Règles de mise en œuvre très précises (faites appel à un professionnel Promotelec).

Des solutions économiques

Utiliser une pompe à chaleur, c'est se donner la possibilité de diviser ses factures de chauffage par deux environ (sous réserve du respect des normes d'isolation thermique en vigueur, d'un dimensionnement adéquat, du respect de la réglementation en matière de température intérieure (20 °C) et d'un hiver standard)

Rappelons aussi que 1° C en moins représente 7 % d'économie sur votre facture !

Coût

Le prix dépend du type de pompe à chaleur et du type de chauffage installé à l'intérieur du logement.

- Pour une pompe à chaleur récupérant l'énergie dans l'air extérieur et alimentant un plancher chauffant-rafraîchissant, les prix sont compris en moyenne, selon les caractéristiques techniques, entre 80 et 110 € TTC par m^2 de surface chauffée.
- Pour un système centralisé à air, les prix varient en moyenne de 60 à 90 € TTC par m^2 de surface chauffée.
- Pour une pompe à chaleur récupérant l'énergie dans le sol ou l'eau et alimentant un plancher chauffant-rafraîchissant, les prix sont en moyenne compris entre 100 et 150 € TTC par m^2 de surface chauffée.

Les planchers chauffants

Le plancher se compose d'un réseau de canalisations insérées dans le sol dans lesquelles circule selon le besoin de l'eau chauffée ou rafraîchie par une pompe à chaleur de n'importe quel type (air, eau, solaire…). Il peut être utilisé avec n'importe quel type de chauffage.

En hiver, la chaleur apportée par l'eau circulant dans les tubes se diffuse à travers la chape qui rayonne vers les corps, objets et parois environnants, qui réchauffent à leur tour l'air ambiant.

En été, le plancher absorbe la chaleur de votre logement et la pompe à chaleur la rejette à l'extérieur et diminue ainsi la température de votre logement.

Avantages

L'absence de radiateurs dégage de la surface habitable et de la place pour vos meubles.

La chaleur diffusée est uniforme, sans aucun mouvement d'air (la chaleur est transmise à tous les objets et personnes présents dans la pièce et réfléchie par les autres parois).

Facture de chauffage réduite grâce à la pompe à chaleur.

Réduction de la température du logement en été de quelques degrés.

Utilisation de l'énergie gratuite et renouvelable de l'environnement.

On peut raccorder n'importe quelle pompe à chaleur à un plancher chauffant.

(voir chapitre spécifique sur les pompes à chaleur)

Nous allons nous attarder sur le cas du plancher solaire.

14

Le chauffage solaire

Principe et fonctionnement

Raccordé soit en direct à une batterie de capteurs solaires à eau soit par l'intermédiaire d'un échangeur à fluide caloporteur, le chauffage solaire est constitué le plus souvent d'un tandem « capteur/plancher chauffant » (chauffage solaire direct) ou d'un trio « capteur/échangeur/chauffage » (adaptation d'un chauffage traditionnel – à radiateurs par exemple – au solaire).

Abri solaire

Selon le système installé, celui-ci peut aussi fournir l'eau chaude sanitaire ; il est souvent couplé à un dispositif d'apport thermique secondaire permettant d'assurer une continuité de service en cas de manque de soleil.

L'option solaire assure d'obtenir de façon régulière des températures d'eau entre 45 et 60 °C, ce qui est plus faible que la production des chaudières traditionnelles et réserve en priorité son usage aux planchers chauffants.

Il y a en effet un rapport entre la surface d'échange et la restitution correcte des thermies emmagasinées ; c'est toute la dalle qui joue le rôle de radiateur basse température.

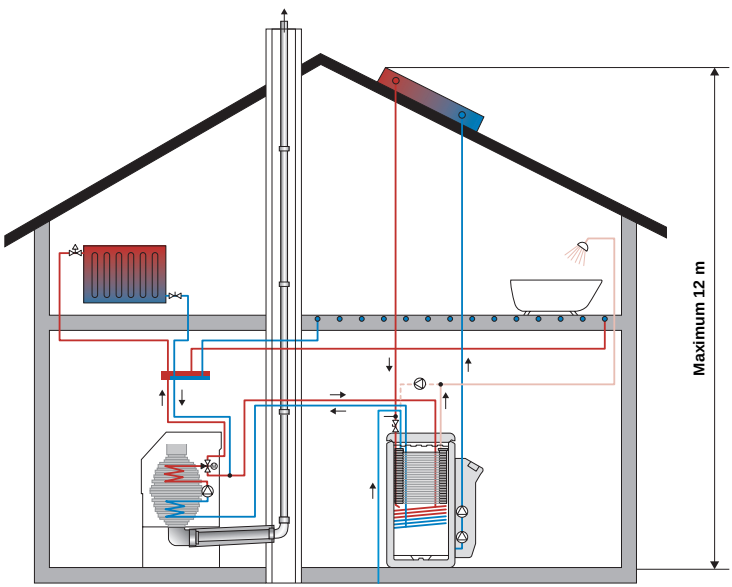


Schéma maison solaire

Le plancher chauffant

Déjà bien connu et largement utilisé avec des sources thermiques traditionnelles aussi diverses que chaudières à bois, fuel, électricité, gaz…, ce système est plutôt préconisé pour une installation dès la conception de la maison qu'en rénovation.

Cependant, il est toujours possible de l'installer dans une bâtisse existante dont on ne souhaite garder que les murs et la toiture.

L'énorme avantage qu'il présente est son inertie thermique très importante.

La température du sol est limitée à 28 °C, il n'y a donc aucun risque de sensation de jambes lourdes.

Un thermostat ambiant permet de régler et de maintenir la température du logement.

Le carrelage est le revêtement le mieux adapté pour une bonne diffusion de la chaleur. Les moquettes sur mousse et les parquets flottants ne sont pas autorisés.

Installation

Voici les différentes phases de sa mise en œuvre :

Décaissage (en rénovation)

1) Prévoir une bonne quinzaine de centimètres sur un vide sanitaire, un radier, un lit de sable ou autre surface de propreté stable.
2) Dans le cas d'une réalisation neuve, le prévoir dès le départ.
3) À cette étape, il est préférable de passer tous les réseaux de plomberie, évacuation, puits canadien, électriques…
4) Réserver les emplacements des cloisons intérieures.

Isolation

Un isolant de compression d'une épaisseur de 5 cm environ, si possible à base de matériaux naturels (chanvre, fibres de bois, liège ou autres – voir chapitre spécifique sur le sujet), est posé de façon jointive.

Prévoir un isolant de pourtour pour éviter les ponts thermiques entre la dalle chauffante et les murs extérieurs et murs porteurs intérieurs, tout en permettant sa dilatation.

Installation des boucles

Se fait avec un « pas » (espacement) conseillé de 10 à 25 cm, selon l'étude thermique préalable.

Ces boucles peuvent être réalisées en cuivre (très onéreux), en PER (polyéthylène réticulé), de préférence avec barrière anti-oxygène…

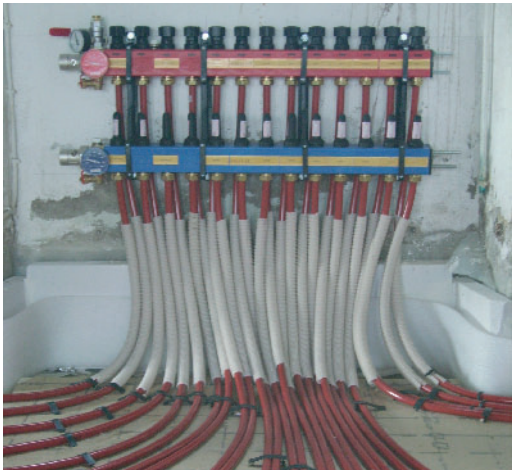
Réseau plancher chauffant

Les pièces qui nécessitent un chauffage plus important (salle de bains, pièce à vivre…) bénéficieront, par la seule réduction du pas de boucle sur leur surface, et sans augmentation de la température du circuit, de plusieurs degrés supplémentaires !

Raccordement

Les boucles sont toutes raccordées à une nourrice, ou collecteur, munie d'arrivées et de retours. Chaque nourrice comporte une vanne d'arrêt et un dispositif d'équilibrage indépendant imposés par la réglementation.

Le collecteur est en outre doté d'une vanne d'arrêt général, d'un purgeur et d'un robinet de vidange (la vidange se fait à l'air comprimé).



Collecteur

Coulage de la chape

Le coulage, ou enrobage, doit se faire avec le circuit chargé en eau entre 6 et 10 bars.

Le béton doit être additionné d'un fluidifiant plutôt que vibré, afin de ne pas endommager le circuit et qu'il ne colle pas au ciment.

L'épaisseur conseillée est de 7 cm fini pour un plancher avec ballon tampon et 12 à 15 cm pour le cas d'un plancher solaire direct.

Il est tiré de niveau à la règle.

Contre toute idée reçue, ce type d'installation est aussi intéressante dans le Nord que dans le Sud, puisque même si l'ensoleillement est moins fort et les heures chaudes moins nombreuses au nord de la Loire, il faut chauffer plus souvent et sur une période plus longue !

En termes d'amortissement, et calculs en main, c'est donc même plus intéressant de faire appel au chauffage solaire dans le Nord…

Raccordement

La nourrice est ensuite raccordée au système de production d'eau chaude (chaudière, échangeur, pompe à chaleur…).

Le plancher solaire direct (PSD)

Fonctionnement

L'eau chauffée par les capteurs est acheminée, via un module de transfert, dans le plancher chauffant basse température décrit ci-dessus.

Cette technique utilise des composants classiques : circulateur, vase d'expansion, vannes, purges, régulation...

Si l'ensoleillement est insuffisant, on fait appel au réseau d'**appoint**.

En été, et lorsque les besoins en chauffage sont satisfaits (beau temps), la chaleur produite peut être utilisée pour l'eau chaude sanitaire (ECS) ou le chauffage d'une piscine.

Pour fournir un chauffage constant tout au long de la journée, malgré l'intermittence du rayonnement solaire, le PSD utilise l'**inertie** et la **capacité de stockage** de la dalle en béton. D'une épaisseur comprise entre 10 et 15 cm, celle-ci permet de restituer avec un déphasage la chaleur du jour et de « lisser » les apports solaires.

Dimensionnement

Pour calculer la surface de capteurs solaires nécessaire, on fait une moyenne entre les besoins d'été et d'hiver.

Une installation peut satisfaire une part importante des besoins en hiver, mais s'avérer complètement surdimensionnée pour la production d'ECS durant l'été.

On peut réduire l'écart des besoins entre les différentes saisons par une bonne conception du bâtiment en matière d'isolation et la recherche de débouchés pour la chaleur produite par fort ensoleillement.

Les installations sont généralement prévues pour couvrir 30 à 70 % des besoins annuels en chauffage et ECS.

La surface des capteurs est calculée pour une productivité de l'ordre de 350 à 400 kWh/an.m^2, soit une moyenne de 15 m^2 pour une maison disposant d'un plancher basse température de 100 m^2.

Astuce

Un ensemble de capteurs bi-compartiment, dont le second est déconnecté (voire vidangé, ou recouvert de canisses faisant office d'ombrelle en été) permet de pallier le problème de surchauffe.

Dispositif d'appoint

Il permet de garantir la totalité des besoins, quelles que soient les conditions climatiques :

- **Séparé** : il consiste à rajouter sur un plancher chauffant basse température existant un système PSD dont la régulation sera indépendante de l'installation d'origine. Le couplage se fait au niveau hydraulique sur le circuit de retour du plancher chauffant.
- **Intégré** : l'énergie d'appoint provient d'une chaudière classique (intégrée au module de transfert) dont la régulation pilote l'ensemble du système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire en privilégiant l'apport solaire.

Coût

La consommation d'un plancher chauffant-rafraîchissant dépend de la pompe à chaleur installée, des caractéristiques du logement (zone géographique, isolation, surface à chauffer/climatiser...) et du confort souhaité.

Pour une maison individuelle de 100 m^2, de plein pied, équipée d'un plancher chauffant, le surcoût du plancher solaire direct est d'environ 8 300 € (main d'œuvre comprise, avec un capteur solaire de 13 m^2).

Chaudière solaire plancher chauffant Clipsol

Les chauffages conçus selon ces techniques permettent des économies variant entre 40 et 60 % en moyenne, selon que vous les comparez à l'une ou l'autre source d'énergie, qu'ils soient autosuffisants ou doivent être complétés par un apport thermique annexe.

Pour relativiser ce surcoût, il faut prendre en compte que l'énergie solaire est gratuite et non polluante.

Aides

Ce sont les mêmes que celles accordées aux chauffe-eau solaires.

Lexique

Boucle ou circuit : longueur du tube déroulée en colimaçon dans le sol.

Calpinage : schéma de pose sur plan.

Chape flottante : dalle désolidarisée des éléments porteurs de la construction.

Circulateur : pompe servant à accélérer la circulation du fluide dans les boucles pour compenser les pertes de charge.

Collecteur : organe de distribution et de réglage du fluide.

Coupe de sol : différentes couches formant le plancher de la construction.

Delta : écart de température dans la boucle entre la partie « aller » et la partie « retour ».

Déperditions : besoin en énergie pour compenser les pertes.

Pas : distance entre 2 tubes parallèles dans une pose en colimaçon.

Ravoirage : couche de béton maigre contenant les canalisations et réseaux.

15

Les chauffe-eau

De très nombreux systèmes de chauffe eau sont disponibles sur le marché.

Avant de les comparer et de s'étendre sur les chauffe-eau basés sur les énergies renouvelables, voici quelques conseils de bon sens :

- placer son chauffe-eau le plus près possible des points de consommation, pour diminuer au maximum la longueur des tuyaux et ainsi la quantité d'eau à faire couler avant d'obtenir de l'eau chaude à vos robinets ;
- régler la température d'eau du ballon à 55 °C, car si l'eau est plus chaude, on augmente les pertes de chaleur à travers les parois du ballon et l'on est de plus souvent obligé de rajouter de l'eau froide. Si l'eau est plus froide, on risque le développement de légionelles.

Comparatif des appareils de production d'eau chaude

Type de chauffe-eau	Avantages	Inconvénients
Solaire	écologique et gratuit à l'usage : produit seul l'eau chaude en été et permet en hiver de pré-chauffer l'eau de votre chauffe-eau traditionnel	coût d'achat élevé (> 2 000 €), mais subventions des collectivités territoriales et crédit d'impôt nécessité d'un chauffage d'appoint
Électrique à accumulation	faible investissement	rendement global plutôt faible (environ 25 %) mode chauffage la nuit uniquement : eau chaude non disponible au-delà de la capacité du ballon (sauf à forcer le chauffage en journée en tarif plein) les modèles premiers prix ont généralement une résistance au contact direct de l'eau (thermo-plongeur) ce qui n'est pas conseillé
Chauffe-eau instantané électrique	eau chaude potable, pas de risque de légionnelle Pas de perte de chaleur par l'enveloppe d'un ballon Faible encombrement	système courant en Allemagne mais mal distribué en France car incompatible avec la politique tarifaire d'EDF. La puissance instantanée dépasse les 15 kW, ce qui rend l'abonnement au compteur prohibitif
Brûleur instantané à gaz	aucun investissement si couplé à une chaudière gaz	peu souple d'utilisation (le brûleur s'éteint si l'on ne fait couler qu'un mince filet d'eau)
Brûleur et ballon intégrés à une chaudière gaz	souple d'utilisation. faible encombrement	coût élevé de la chaudière (environ 2 500 €) le même brûleur sert pour l'eau chaude et le chauffage, ce qui crée une usure importante
Chauffe-eau ballon à gaz indépendant de la chaudière	souple d'utilisation investissement de l'ordre de 400 €	les modèles à veilleuse (consomment de 500 à 1 000 kWh/an) les chaudières à veilleuse sont interdites par la réglementation thermique 2000, mais pas pour les chauffe-eau indépendants

…/…

…/…

Ballon préparateur d'eau chaude indépendant avec serpentin couplé avec une chaudière gaz		moins bon rendement que les ballons à brûleur gaz impose une chaudière en marche été comme hiver
Ballon préparateur d'eau chaude indépendant avec serpentin couplé avec une chaudière fuel		plus cher que l'électricité en tarif de nuit appoint électrique conseillé pour les périodes où l'on n'a pas besoin du chauffage
Ballon préparateur d'eau chaude indépendant avec serpentin couplé avec une chaudière système de géothermie	les systèmes de géothermie de bonne qualité permettent une connexion à un ballon d'eau chaude quelques fabricants permettent même la production d'eau chaude si le système est en mode climatisation durant l'été	consommation d'électricité réduite de 3 à 4 fois, crédit d'impôt à l'installation parfaitement compatible avec l'utilisation de capteurs solaires
Ballon préparateur d'eau chaude indépendant avec serpentin couplé avec une chaudière bois ou un poêle à bois	économique à l'usage… à condition de faire son bois soi-même !	chargement du foyer contraignant, hormis pour les chaudières à auto chargement régulation thermique difficile, sauf si ballon tampon

Le chauffe-eau solaire

Principe

Un tuyau d'arrosage plein d'eau abandonné au soleil…

Peu à peu, la température de l'eau s'élève ; plus le tuyau est sombre, plus l'eau est chaude. Elle devient même brûlante si le tuyau est placé sous une vitre correctement orientée.

Simple et efficace, le chauffe-eau solaire individuel, basé sur ce principe, fournit de **l'eau chaude sanitaire** et/ou de **chauffage** en réalisant d'importantes économies !

Depuis l'envolée du cours des matières fossiles, ce qui était vrai hier l'est encore plus aujourd'hui, surtout pour ceux qui se chauffaient au fioul, au gaz ou à l'électricité.

En constante amélioration depuis plus de vingt ans, les chauffe-eau solaires sont maintenant des équipements robustes et fiables.

En 1999, les pouvoirs publics ont décidé d'attribuer, dans le cadre du **Plan Soleil,** des primes « **CESI** » aux acquéreurs de chauffe-eau solaires individuels, pour stimuler l'équipement des particuliers.

Panneaux solaires toiture « posés »

Fonctionnement

De façon plus professionnelle, des tuyauteries de couleur sombre (absorbeur), intégrées dans des panneaux, emprisonnent les calories grâce à un vitrage et une isolation adaptés, puis transmettent la chaleur absorbée à l'eau (circuit direct) ou au liquide caloporteur (circuit à échangeur) qu'elles contiennent.

Le vitrage laisse pénétrer la lumière solaire et minimise les pertes par rayonnements infrarouges de l'absorbeur en utilisant l'effet de serre, tout en limitant les pertes de chaleur avec l'air ambiant.

Le capteur solaire est d'autant plus performant que le revêtement de l'absorbeur aura un coefficient d'absorption élevé et un coefficient d'émission faible (voir « La partie vitrage » p. 103).

Les matériaux qui présentent ces caractéristiques sont dits « sélectifs ». Les performances du capteur sont encore améliorées en isolant la face arrière du module.

Deux fabricants en France proposent des capteurs pouvant remplir la fonction de toit couvrant, pour une meilleure intégration architecturale.

Un ballon d'eau chaude accumule et conserve cette eau chaude, puis la restitue à la demande.

Une pompe/circulateur et un système de vannes assurent la régulation de l'installation et l'optimisation de la production de chaleur selon l'ensoleillement.

Il paraît évident pour l'utilisateur d'un tel système de prendre l'habitude de consommer son eau chaude de préférence sur la fin de journée plutôt que le matin !

Le dispositif

Captage de l'énergie solaire

Un capteur solaire comprend :

- une plaque et des tubulures noires qui constituent **l'absorbeur** (reçoit le rayonnement solaire et s'échauffe) ;

- un **coffre** rigide et thermiquement isolé autour de l'absorbeur (la partie supérieure, vitrée, laisse pénétrer le soleil et retient la chaleur comme une petite serre).

Cet ensemble peut être placé sur un toit ou au sol, avec quelquefois un dispositif d'orientation automatisé qui suit la course du soleil.

Il est conseillé d'effectuer un parcours zénithal avant toute implantation des panneaux, pour être sûr de leur ensoleillement constant.

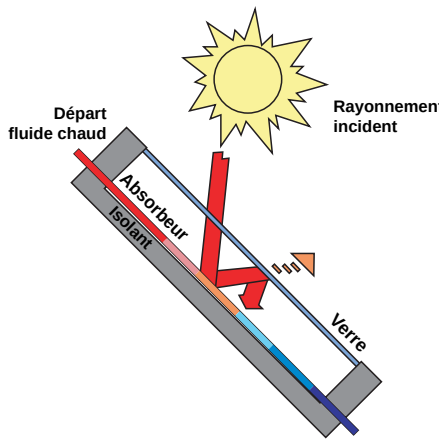


Schéma capteur solaire

Transport des thermies

C'est généralement le circuit primaire qui s'en charge, sauf si le circuit est direct (sans échangeur).

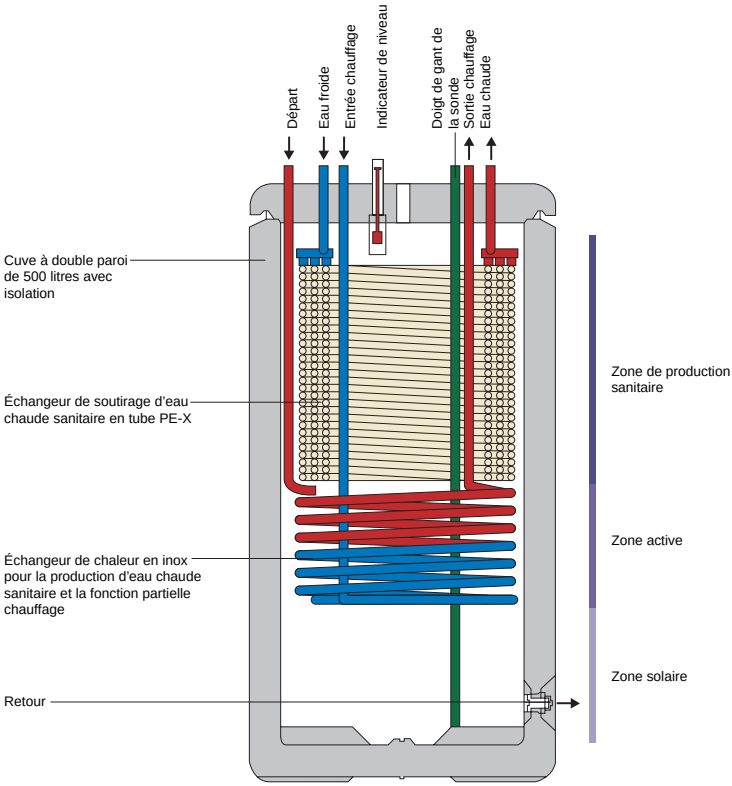
Étanche et calorifugé, il contient le plus souvent de l'eau additionnée d'antigel. Ce liquide s'échauffe en passant dans les tubes du capteur avant d'être envoyé vers un ballon de stockage, ou un circuit de décharge si sa température devient trop importante.

Restitution de la chaleur

C'est dans l'**échangeur thermique** (ou serpentin) que le liquide caloporteur transmet sa chaleur à l'eau sanitaire ou de chauffage.

Le liquide primaire, refroidi, repart vers le capteur, où il est chauffé à nouveau tant que l'ensoleillement reste efficace.

Stockage de l'eau chaude


Départ
Eau froide
Entrée chauffage
Indicateur de niveau
Doigt de gant de la sonde
Sortie chauffage Eau chaude
Cuve à double paroi de 500 litres avec isolation
Échangeur de soutirage d'eau chaude sanitaire en tube PE-X
Échangeur de chaleur en inox pour la production d'eau chaude sanitaire et la fonction partielle chauffage
Retour
Zone de production sanitaire
Zone active
Zone solaire

Chaudière ballon solaire

Le **ballon solaire** est une cuve métallique bien isolée qui conserve l'eau chaude obtenue (de 200 à 900 l) et limite son refroidissement. L'eau chaude soutirée est immédiatement remplacée par la même quantité d'eau froide du réseau dans le bas du ballon, réchauffée à son tour par le liquide du circuit primaire (par stratification thermique, l'eau chaude se retrouve dans le haut du ballon).

Circulation et régulation du liquide primaire

La circulation du liquide peut être **naturelle** ou **forcée** :

- Dans les chauffe-eau solaires « en **thermosiphon** », elle est naturelle (dans ce cas le ballon est placé plus haut que les capteurs). Le liquide caloporteur circule grâce à sa différence de densité avec l'eau du ballon. Tant qu'il est plus chaud, donc moins dense qu'elle, il s'élève naturellement par thermorégulation.
- Dans les chauffe-eau solaires à **circulateur**, c'est une petite pompe électrique qui met en mouvement le liquide caloporteur, uniquement lorsqu'il est plus chaud que l'eau sanitaire du ballon. Un dispositif de **régulation** renseigné par des sondes gère les différences de températures (si la sonde du ballon est plus chaude que celle du capteur, le circulateur est arrêté ; dans le cas contraire, il est remis en service et le liquide primaire réchauffe l'eau sanitaire du ballon).

Dans les deux cas, il est utile de prévoir une boucle de décharge, pour disperser dans la terre un échauffement trop important qui risquerait d'endommager le dispositif (surtout en été quand le capteur alimente aussi un chauffage solaire).

Ce circuit de décharge peut aussi servir à réchauffer l'eau d'une piscine.

Réchauffeur complémentaire

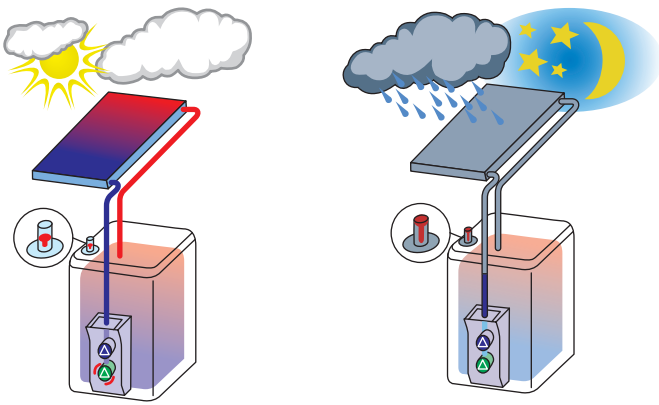
En cas d'insuffisance d'ensoleillement (hiver, demi-saison, longue période de mauvais temps…), ou de soutirage d'eau chaude

supérieur à la capacité de production, l'énergie solaire ne peut alors assurer la totalité de la production d'eau chaude.

Le ballon est donc équipé d'un **chauffage d'appoint** qui prend le relais en cas de besoin, et reconstitue le stock d'eau chaude :

- **résistance** (appoint électrique), souvent placée à mi-hauteur du ballon solaire ;
- **serpentin** (appoint hydraulique), raccordé à une chaudière à céréales, bois, gaz, fioul… installée après le ballon, dans lequel l'eau est malgré tout préchauffée.

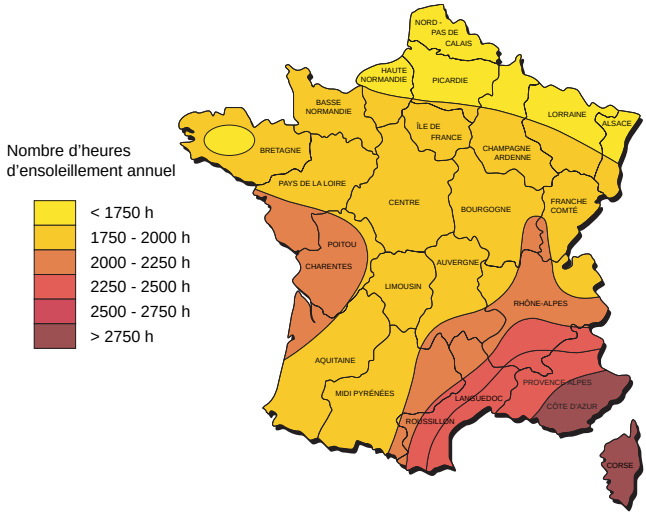
Un second ballon pourvu d'un réchauffeur électrique peut également servir d'appoint.



Chauffe-eau solaire jour/nuit

Quelles dimensions ?

L'efficacité, et donc les économies, nécessitent avant tout un dimensionnement optimal de l'installation solaire. Le projet doit tenir compte de l'ensoleillement de la région et des besoins des utilisateurs, sachant que la production d'eau chaude solaire et même une partie du chauffage sont possibles sous tous les climats européens.



Carte d'ensoleillement

Voici un tableau qui vous guidera dans le choix de la superficie des capteurs et le volume du ballon à installer (pour une consommation journalière de 50 à 60 litres d'eau chaude à 45 °C par personne et une couverture des besoins par le solaire comprise entre 50 et 70 %) :

Nombre d'occupants	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou 8
Volume du ballon solaire[1] (en litres)	100 à 150	100 à 250	250 à 350	350 à 500
Volume total du ballon[2] (en litres)	100 à 250	250 à 400	400 à 550	550 à 650
Zones climatiques	**Surface des capteurs (en m²)**			
Zone 1	2 à 3	3 à 5,5	4 à 7	5 à 7
Zone 2	2 à 3	2,5 à 4,5	3,5 à 6,5	4,5 à 7
Zone 3	2 à 2,5	2 à 4	3 à 5,5	3,5 à 7
Zone 4	2 à 2,5	2 à 3,5	2,5 à 4,5	3,5 à 6

1 : pour un chauffe-eau solaire sans appoint
2 : pour un chauffe-eau solaire avec appoint
Source ADEME

Choix du système à installer

Si vous avez déjà une installation de production d'eau chaude, ce qui est le cas général en rénovation, plusieurs possibilités s'offrent à vous, qui sont plus ou moins avantageuses :

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2"></th><th colspan="4">Système de chauffage existant</th></tr>
<tr><th>Chaudière gaz</th><th>Chaudière fioul ou bois</th><th>Chauffage électrique</th><th>Autres chauffages</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Eau chaude sanitaire</td><td rowspan="2">Ballon électrique</td><td><10 ans</td><td colspan="4">CESI sans appoint</td></tr>
<tr><td>>10 ans</td><td colspan="4">CESI avec appoint électrique
(et suppression du ballon ancien)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ballon de la chaudière</td><td><10 ans</td><td colspan="2">CESI sans appoint</td><td colspan="2" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>>10 ans</td><td colspan="2">CESI avec appoint hydraulique ou mixte</td></tr>
<tr><td colspan="2">Production gaz instantanée</td><td>CESI sans appoint</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Pas de ballon</td><td colspan="2">CESI avec appoint hydraulique ou mixte</td><td colspan="2">CESI avec appoint électrique</td></tr>
</table>

CESI : chauffe-eau solaire individuel.

Sans appoint : le ballon existant sert d'appoint.

Appoint électrique : il est assuré par une résistance électrique intégrée au ballon solaire.

Appoint hydraulique : il est assuré par un échangeur intégré au ballon solaire et raccordé à la chaudière.

Appoint mixte : double système d'appoint (hydraulique et électrique).

Source ADEME

Coût

Les chauffe-eau solaires sont aujourd'hui d'un bon rapport qualité prix. Ils permettent des économies annuelle de 40 à 60 % en moyenne, soit environ 150 € sur l'année.

Pour 3 à 5 m^2 de capteurs avec un ballon de 200 à 300 litres (3 à 4 personnes), il faut compter entre 5 000 et 9 000 € TTC, pose comprise.

Aides

Celles qui s'appliquent à toute la France :

- Le crédit d'impôt pour les dépenses d'équipements (hors main d'œuvre) concerne les logements particuliers neufs ou anciens, à un taux de 50 % pour les installations de chauffe-eau solaire individuel et système solaire combiné (CESI – SSC). Les capteurs solaires doivent disposer d'une certification CSTBat ou Solar Keymark.
- La TVA à 5,5 % s'applique pour l'installation de capteurs solaires dans l'habitat principal ou secondaire lorsque les travaux sont exécutés et facturés par des professionnels.

Celles qui s'appliquent localement : les conseils régionaux ou généraux, les communautés d'agglomérations, de villes... peuvent accorder des aides spécifiques pour ce type d'équipement (de 300 à 2 000 €).

Les mesures fiscales et d'aide à l'équipement étant en constante évolution, il vous appartiendra de vérifier auprès des services fiscaux, de l'ADEME et des collectivités territoriales quelles en sont les modalités au moment de la réalisation de votre projet.

Attention

Renseignez-vous à la mairie de votre domicile afin de savoir si le règlement du plan d'occupation des sols n'apporte pas de clause particulière quant à l'emplacement des capteurs solaires.

16

Adapter son système de chauffage à son installation existante

En combinant les 3 moyens de chauffage connus (le rayonnement, la convection et la conduction), on peut augmenter de façon notable le rendement et le confort de son chauffage.

Outre ceux déjà évoqués, il existe d'autre systèmes permettant d'adapter des dispositifs existants en les optimisant vers une utilisation à la fois plus économique et respectueuse de l'environnement.

Cette liste n'est évidemment pas exhaustive.

Alimenter un radiateur avec un poêle

Le poêle est un des moyens de chauffage les plus anciens. Il chauffe généralement très bien, mais seulement dans un rayon immédiat ou dans la pièce dans lequel il est installé.

On peut assez facilement le transformer en mini « chauffage central » en lui faisant alimenter un ou plusieurs radiateurs.

Le dispositif comprend :

- un serpentin en cuivre recuit de 18/20 placé à l'intérieur du foyer ;
- 2 tubes 3/4 filetés à une extrémité et brasés à chaque bout du serpentin ;
- une plaque métallique servant de platine au dispositif et obstruant intérieurement l'ouverture exécutée sur le foyer (sa fixation étant assurée par une contre-plaque à l'extérieur et des boulons) ;
- montés sur les extrémités filetées : un raccord, une vanne d'arrêt, un mamelon, le tout en 3/4 ;
- la partie de tubulure aller et retour proprement dite alimentant le(s) radiateur(s) ;
- à la sortie du dernier radiateur, un raccord en T aboutissant à un vase d'expansion placé au dessus de l'installation ;
- un dispositif de vidange et de purge.

Ceux qui souhaitent réguler la température de manière plus fine peuvent installer en sortie de poêle un circulateur, piloté par un thermostat relié à une sonde thermique.

Récupérateurs dans une cheminée ouverte

Le système décrit précédemment est adaptable à une cheminée ouverte qui, à l'état brut, possède un des moins bons coefficients de rendement.

Il existe aussi des systèmes à air pulsé qui viennent réchauffer cet air dans l'âtre, sous forme d'un serpentin en fonte ou de chenets creux.

Dans ce cas, un petit extracteur électrique permet de faire varier la chaleur ventilée en modifiant sa vitesse de rotation.

Enfin, et cela reste vrai pour tous les modes de chauffage utilisant une cheminée, il suffit de la tuber inox (recommandé pour tous les feux de bois), de fermer soigneusement et hermétiquement ce compartiment en début et en fin de cheminée, d'y ouvrir une grille d'admission en partie basse et des grilles de diffusion dans les parties des étages à chauffer, pour récupérer une partie non négligeable de la chaleur qui autrement aurait été perdue ! Ce compartiment doit être parfaitement étanche à toute fumée pour ne pas diffuser dans les pièces d'habitation une production éventuelle de monoxyde de carbone.

Rappelez-vous que le tuyau du poêle qui chauffait la classe de nos aînés la traversait complètement avant de rejoindre l'extérieur. (chaque mètre rayonné correspond à un apport calorifique linéaire d'environ 1 000 W !)

Vos combles, une pompe à chaleur naturelle

Un des dispositifs les plus simples et les moins chers à réaliser consiste à utiliser la chaleur absorbée par la toiture de votre maison pendant les heures ensoleillées des mois froids.

En effet, le toit irradié par le soleil (l'ardoise étant encore un meilleur absorbeur que les tuiles) échauffera l'air des combles et il suffira de le réinjecter dans les pièces à vivre tant que sa température sera supérieure à celle de l'intérieur.

Une simple VMC régulée munie de 2 sondes permet de toujours optimiser cet échange.

Bien entendu, le point de puisage de l'air chaud sera au plus haut de la toiture et ce procédé ne peut être mis en œuvre que pour des combles isolés sur plancher, sauf à réserver une couche d'air

suffisante entre l'isolation et la toiture permettant cette convection naturelle.

Véranda chauffante

Autre pompe à chaleur naturelle basée sur l'effet de serre : vous pouvez utiliser l'air de votre véranda, chauffé par le soleil, pour remplacer, s'il est plus froid, celui de votre habitat.

Le dispositif de captage et de régulation énoncé dans le paragraphe précédent conviendra tout à fait.

Un toit de véranda en légère pente rassemblera plus facilement l'air chaud, et le système le plus simple consiste à ménager une ou deux bouches avec volets en point haut de la véranda aboutissant au bas de l'étage, permettant une circulation thermosyphonique naturelle.

Il vous faut donc prévoir une véranda au toit plus élevé que le plafond de votre rez-de-chaussée.

Poêle à inertie

Aussi appelé : « Kachelofen », « poêle alsacien », « poêle de masse » ou « poêle maçonné ».

Principe

Ce sont des poêles à bois, très lourds (souvent plus d'une tonne) permettant de brûler du bois à haute température (souvent à plus de 900 °C).

Cette température élevée permet une combustion presque totale (moins d'imbrûlés et de goudrons) et plus d'énergie restituée.

Une flambée type dure environ une heure, et plus le bois est de petite dimensions (et sec !), plus le feu est rapide et monte en température.

L'inertie du poêle capte cette chaleur et la distribue en rayonnant tout autour pendant plusieurs heures.

L'inertie thermique importante de ces poêles permet un rayonnement calorifique jusqu'à 20 heures. Une ou deux flambées suffisent pour une journée avec un poêle à inertie correctement dimensionné.

Un échangeur de chaleur peut être intégré pour chauffer l'eau sanitaire et des radiateurs et/ou murs/sols chauffants.

Avantages

- grande capacité ;
- combustion améliorée ;
- four (et grand foyer pouvant aussi servir de four) ;
- échangeur de chaleur pour l'eau sanitaire et des radiateurs/murs/sols chauffants ;
- des portes vitrées participant à la création d'une ambiance ;
- un système peu polluant (les fumées noires sont des gaz qui ne brûlent qu'à haute température) ;
- un banc chauffant…

La cuisinière chinoise

Le poêle chinois est adossé à une double paroi en briques de terre cuite et le conduit de cheminée est posé sur le vide de cette double paroi.

Les fumées chauffent le mur, qui devient un radiateur radiant.

Cette technique n'augmente pas la température de combustion (principe de poêle à inertie) mais permet de récupérer des

calories qui, dans un montage traditionnel, s'échapperaient par le conduit de cheminée.

Conseils basiques

Éviter les déperditions thermiques

- isolation des tuyaux dans les sous-sols et combles par coquilles, bandes ou coffrages isolants ;
- installation sur la paroi froide d'un récepteur thermique mince pour éviter l'absorbtion par le mur d'une partie de la chaleur irradiée ;
- suppression des cache-radiateurs, qui freinent le rayonnement thermique ;
- gestion correcte de la section et de l'emplacement des ventilations (nécessaires et obligatoires pour renouveler l'air ambiant, éviter la condensation et les moisissures…). La solution du puits canadien ou d'une VMC récupérant les calories est préconisée ;
- isolation des murs, fenêtres, combles, sans oublier le sol du rez-de-chaussée ou du sous-sol, source d'une déperdition thermique qui peut atteindre 15 % !

Optimiser les réglages

- Les brûleurs des chaudières à mazout, et notamment leurs gicleurs, doivent être propres, correctement réglés, et adaptés à la puissance de service (sans oublier la position des électrodes d'allumage et de l'accrocheur de flamme, le dispositif d'admission d'air…).
- La pompe ou le circulateur doivent être adaptés à l'aide du réglage du variateur (pertes de charge comprises) au débit nécessaire.

- Utiliser une régulation automatique avec horloge (quand tout le monde dort, ou travaille à l'extérieur de l'habitation, maintenir la température à un niveau de confort et cela pendant presque 16 heures par jour, représente un gaspillage important !).
- Vérifier le bon étalonnage du thermostat.
- Le bon remplissage du circuit de charge est l'un des points les plus importants : la simple présence d'air fait chuter le rendement de façon importante et peut endommager le système. À cet effet, il est essentiel d'ouvrir chaque robinet purgeur, et de ne pas craindre de répéter cette opération régulièrement car des micro-fuites laissent toujours entrer de l'air dans les tuyauteries !

Annexe

Texte de référence du ministère de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement

Décret n° 2006-1147 du 14 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique et à l'état de l'installation intérieure de gaz dans certains bâtiments.

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement,

Vu la directive 2002/91/CE du Parlement européen et du Conseil en date du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments ;

Vu le code de la Construction et de l'Habitation, notamment ses articles L. 134-1 à L. 134-6 et L. 271-4 à L. 271-6 ;

Vu le code de l'Environnement, notamment son article L. 224-1 ;

Vu le décret n° 62-608 du 23 mai 1962 modifié fixant les règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustible ;

Le Conseil d'État (section des travaux publics) entendu,

Décrète :

Article 1

Dans le titre III du livre Ier du code de la Construction et de l'Habitation (partie réglementaire), il est ajouté un chapitre IV intitulé " Diagnostics techniques " composé de deux sections et comprenant les articles R. 134-1 à R. 134-9 ainsi rédigés :

Chapitre IV - Diagnostics techniques

SECTION 1 – Diagnostic de performance énergétique

Art. R. 134-1.

– La présente section s'applique à tout bâtiment ou partie de bâtiment clos et couvert, à l'exception des catégories suivantes :

a) Les constructions provisoires prévues pour une durée d'utilisation égale ou inférieure à deux ans ;

b) Les bâtiments indépendants dont la surface hors œuvre brute au sens de l'article R. 112-2 du code de l'urbanisme est inférieure à 50 mètres carrés ;

c) Les bâtiments à usage agricole, artisanal ou industriel, autres que les locaux servant à l'habitation, qui ne demandent qu'une faible quantité d'énergie pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire ou le refroidissement ;

d) Les bâtiments servant de lieux de culte ;

e) Les monuments historiques classés ou inscrits à l'inventaire en application du code du patrimoine.

Art. R. 134-2.

– Le diagnostic de performance énergétique comprend :

a) Les caractéristiques pertinentes du bâtiment ou de la partie de bâtiment et un descriptif de ses équipements de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de refroidissement, de ventilation et, dans certains types de bâtiments, de l'éclairage intégré des locaux en indiquant, pour chaque catégorie d'équipements, les conditions de leur utilisation et de leur gestion ayant des incidences sur les consommations énergétiques ;

b) L'indication, pour chaque catégorie d'équipements, de la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée selon une méthode de calcul conventionnel ainsi qu'une évaluation des dépenses annuelles résultant de ces consommations ;

c) L'évaluation de la quantité d'émissions de gaz à effet de serre liée à la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée ;

d) L'évaluation de la quantité d'énergie d'origine renouvelable produite par les équipements installés à demeure et utilisée dans le bâtiment ou partie de bâtiment en cause ;

e) Le classement du bâtiment ou de la partie de bâtiment en application d'une échelle de référence établie en fonction de la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée, pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement, rapportée à la surface du bâtiment ou de la partie du bâtiment ;

f) Le classement du bâtiment ou de la partie de bâtiment en application d'une échelle de référence établie en fonction de la quantité d'émissions de gaz à effet de serre, pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement, rapportée à la surface du bâtiment ou de la partie du bâtiment ;

g) Des recommandations visant à améliorer la performance énergétique du bâtiment ou de la partie de bâtiment, accompagnées d'une évaluation de leur coût et de leur efficacité ;

h) Lorsque le bâtiment ou la partie de bâtiment est équipé d'une chaudière d'une puissance supérieure ou égale à 20 kilowatts, le rapport d'inspection de la chaudière.

Art. R. 134-3.

– Lorsque le diagnostic de performance énergétique porte sur un bâtiment ou une partie d'un bâtiment qui bénéficie d'un dispositif collectif de chauffage, de refroidissement ou de production d'eau chaude, le propriétaire du dispositif collectif, son mandataire ou le syndic de copropriété fournit à la personne qui demande le diagnostic et aux frais de cette dernière :

a) La quantité annuelle d'énergie consommée pour ce bâtiment ou cette partie de bâtiment par le dispositif collectif ;

b) Le calcul ou les modalités ayant conduit à la détermination de cette quantité à partir de la quantité totale d'énergie consommée par le dispositif collectif ;

c) Une description des installations collectives de chauffage, de refroidissement ou de production d'eau chaude et de leur mode de gestion.

Art. R. 134-4.

– Pour réaliser le diagnostic de performance énergétique, il est fait appel à une personne répondant aux conditions de l'article L. 271-6 et de ses textes d'application.

Art. R. 134-5.

– Un arrêté conjoint des ministres chargés de la construction et de l'industrie détermine les modalités d'application de la présente section. Il précise notamment, par catégorie de bâtiments, le contenu du diagnostic de performance énergétique, les éléments des méthodes de calcul conventionnel, les échelles de référence, le prix moyen de l'énergie servant à l'évaluation des dépenses annuelles mentionnée à l'article R. 134-2, les facteurs de conversion des quantités d'énergie finale en quantités d'émissions de gaz à effet de serre et les modalités selon lesquelles est prise en compte dans les calculs l'incidence positive de l'utilisation de sources d'énergie renouvelable ou d'éléments équivalents.

SECTION 2 – État de l'installation intérieure de gaz.

Art. R. 134-6.

- L'état de l'installation intérieure de gaz prévu à l'article L. 134-6 est réalisé dans les parties privatives des locaux à usage d'habitation et leurs dépendances.

Art. R. 134-7.

– L'état de l'installation intérieure de gaz décrit, au regard des exigences de sécurité :

a) L'état des appareils fixes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire ou mettant en œuvre un moteur thermique, alimentés par le gaz ;

b) L'état des tuyauteries fixes d'alimentation en gaz et leurs accessoires ;

c) L'aménagement des locaux où fonctionnent les appareils à gaz, permettant l'aération de ces locaux et l'évacuation des produits de combustion.

– L'état est réalisé sans démontage d'éléments des installations. Il est établi selon un modèle défini par arrêté conjoint des ministres chargés de la construction et de l'industrie.

Art. R. 134-8.

– Pour réaliser l'état de l'installation intérieure de gaz, il est fait appel à une personne répondant aux conditions de l'article L. 271-6 et de ses textes d'application.

Art. R. 134-9.

– Lorsqu'une installation intérieure de gaz modifiée ou complétée a fait l'objet d'un certificat de conformité visé par un organisme agréé par le ministre chargé de l'industrie en application du décret n° 62-608 du 23 mai 1962 fixant les règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustible, ce certificat tient lieu d'état de l'installation intérieure de gaz prévu par l'article L. 134-6 s'il a été établi depuis moins de trois ans à la date à laquelle ce document doit être produit.

Article 2

Les dispositions du dernier alinéa de l'article R. 134-2 ne sont applicables qu'à compter de l'entrée en vigueur des décrets prévus au 2° du II de l'article L. 224-1 du code de l'environnement.

Les articles R. 134-6 à R. 134-9 du code de la construction et de l'habitation entrent en vigueur le 1er novembre 2007.

La production du diagnostic de performance énergétique portant sur un bâtiment ou partie de bâtiment existant n'est exigible que pour les ventes réalisées à compter du 1er novembre 2006.

La production du diagnostic de performance énergétique portant sur un bâtiment ou partie de bâtiment neuf n'est exigible que pour les bâtiments ou parties de bâtiments pour lesquels la date de dépôt de la demande de permis de construire est postérieure au 30 juin 2007.

Article 3

Un diagnostic réalisé avant l'entrée en vigueur du présent décret dans le cadre d'opérations organisées par des distributeurs de gaz et dont la liste est définie par arrêté du ministre chargé de l'énergie est réputé équivalent à l'état de l'installation intérieure de gaz prévue à l'article L. 134-6, s'il a été réalisé depuis moins de trois ans à la date à laquelle il doit être produit.

Jusqu'au 1er novembre 2007 et par dérogation aux dispositions de l'article R. 134-4, le diagnostic de performance énergétique peut être réalisé par un technicien qualifié.

Article 4

Le ministre de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement, le ministre de l'Économie, des Finances et de l'Industrie et le ministre délégué à l'industrie sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 14 septembre 2006.